

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOQUÍMICA



A GESTÃO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS DOS LABORATÓRIOS
ESCOLARES- UM PROJECTO EDUCACIONAL E AMBIENTAL

Maria Virgínia de Carvalho Frade Pina

MESTRADO EM QUÍMICA PARA O ENSINO

2009

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOQUÍMICA



A GESTÃO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS DOS LABORATÓRIOS
ESCOLARES- UM PROJECTO EDUCACIONAL E AMBIENTAL

Maria Virgínia de Carvalho Frade Pina

orientada por : Prof^ª. Doutora Maria Elisabeth Elias

Prof^ª. Doutora Maria Teresa Carreira

MESTRADO EM QUÍMICA PARA O ENSINO

2009

Visão

A nossa visão para o futuro da Europa é de uma região que adopte os valores comuns da solidariedade, igualdade e respeito mútuo entre os povos, os países e as gerações. Será uma região caracterizada pelo desenvolvimento sustentável, contemplando a vitalidade económica, a justiça, a coesão social, a protecção do ambiente e a gestão sustentável dos recursos naturais, por forma a corresponder às necessidades das gerações actuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras proverem às suas próprias necessidades¹.

A Educação, para além de constituir um direito humano fundamental², é igualmente um pré-requisito para se atingir o desenvolvimento sustentável e um instrumento essencial à boa governação, às tomadas de decisão informadas e à promoção da democracia. Consequentemente, a educação para o desenvolvimento sustentável pode contribuir para que a nossa visão se torne realidade. Ela desenvolve e reforça a capacidade dos indivíduos, dos grupos, das comunidades, das organizações e dos países para formar juízos de valor e fazer escolhas no sentido do desenvolvimento sustentável. Pode ainda favorecer uma mudança das mentalidades, permitindo tornar o mundo mais seguro, mais saudável e mais próspero, melhorando assim a qualidade de vida. A educação para o desenvolvimento sustentável pode favorecer a reflexão crítica, uma maior consciencialização e uma autonomia acrescida, permitindo a exploração de novos horizontes e conceitos e o desenvolvimento de novos métodos e instrumentos.

Adoptada na reunião de alto nível de Vilnius, a 17-18 de Março de 2005

Agradecimentos

Às orientadoras da dissertação, Professora Doutora Maria Elisabeth Elias e Professora Doutora Maria Teresa Carreira, agradeço profundamente todo o apoio, partilha do saber, disponibilidade, paciência e amizade, valiosas contribuições que me ajudaram e estimularam a chegar ao fim deste longo percurso.

Aos meus filhos, António, Ana, Rita e Inês, quero agradecer o seu amor incondicional, a coragem que sempre me transmitiram não deixando de referir o apoio na parte da informática e traduções.

Aos meus netos, Miguel, Rita e aos que vêm a caminho, pela sua existência.

A todos que, directa ou indirectamente, contribuíram para a concretização deste trabalho, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

Resumo

No estudo das Ciências, nomeadamente da Química, tem-se tentado atribuir um papel importante à experimentação, inserindo-a no contexto do aluno para que vivencie uma teoria anteriormente estudada. A importância da abordagem experimental é auxiliar na problematização e discussão dos conceitos científicos.

Nessas operações laboratoriais, são gerados resíduos em pequenas quantidades mas perigosos para o ambiente. Os laboratórios escolares, por menores e pouco utilizados que sejam, devem seguir planos de segurança, com medidas preventivas e correctivas de acidentes, minimização de impactos e substituição de reagentes potencialmente poluentes, por alternativas sustentáveis passíveis de utilização sem haver danos para o ambiente.

Num estudo de Quádrio (2006), sobre a evolução da segurança em laboratórios químicos, é descrita a situação actual nos laboratórios escolares portugueses:

“As condições de trabalho nas escolas não são as ideais, faltando equipamento de segurança e de protecção pessoal, laboratórios e armazéns de reagentes com as condições espaciais adequadas, fundamentais para que se possa trabalhar em segurança. O tratamento de resíduos laboratoriais não é em geral realizado pelos professores, havendo necessidade de acções de formação nessa área. No entanto, as condições gerais não são muito piores que em outros países da Europa”.

Neste trabalho procura responder-se às seguintes questões:

Como deve proceder um professor de Química para gerir os resíduos gerados nos laboratórios escolares?

Como desenvolver nos alunos uma consciência ética relativamente à utilização e eliminação de produtos químicos?

A adopção de estratégias para a preservação ambiental tem motivado as instituições internacionais a minimizar os danos ambientais e os riscos para a saúde fazendo gestão de resíduos. Neste contexto, partindo da revisão da literatura sobre

modelos de gestão de resíduos laboratoriais apresenta-se um projecto para a gestão dos resíduos químicos gerados nos laboratórios escolares desenvolvendo acções que promovam a redução de desperdícios, de substâncias tóxicas e poluentes no ambiente.

Palavras-Chave: tratamento de resíduos químicos; educação ambiental; substâncias perigosas

Abstract

In sciences study, namely in Chemistry, an important role has been assigned to experimentation, by allowing the student to live a previously studied theory. The importance of the experimental approach is auxiliary to the questions and discussion of scientific concepts.

Although in laboratorial operations, a small amount of waste is produced, it is still hazardous to the environment.

Even small and barely used school laboratories should follow safety plans with preventive and corrective measures to prevent accident, minimize impacts and implementation of environment free solutions in place of the use of pollution reagents potentially hazardous to the environment.

In a Quadrio (2006) study about the evolution of safety in chemical laboratories, we can read about Portuguese school laboratories:

The working conditions are not ideal, lacking safety and personal protection equipment, laboratories and reagent storage with adequate special conditions, essential for working in safety. Laboratorial waste treatment is not generally done by the teachers, lacking formation in this subject. But this conditions are not worst than those in other European countries.”

This essay tries to answer the following questions:

How must a chemistry teacher manage waste produced in school laboratories?

How to develop an ethical conscience in students, concerning the use and disposal of chemical waste?

The adoption of environmental preservation strategies has been motivating international institutions into minimizing environment damage and health hazards by managing waste. In this context, based in laboratorial waste management literature, this essay presents a project for the management of school laboratories chemical waste, VI

describing actions to promote the reduction of waste, toxically substances and environment pollutants.

Keywords: chemical waste treatment, environmental education, hazardous substances.

Índice

Capítulo 1 - Introdução.....	1
Capítulo 2 - A Educação Ambiental na Escola	13
2.1. Educação Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável	14
2.2. Concepções sobre Educação Ambiental.....	15
2.3. Evolução da Educação Ambiental.....	17
2.4. A Educação Ambiental em Portugal	19
2.4.1. Evolução histórica	19
2.4.2. Ponto de Situação	21
2.5. Educação Ambiental em aulas de Química	27
Capítulo 3 - Segurança na Utilização e Manuseamento de Produtos Químicos	30
3.1. Rótulos e Material Safety Data Sheets (MSDSs)	31
3.2. Produtos Perigosos	33
3.2.1. Perigos Químicos.....	33
3.2.2. Perigos Físicos.....	37
3.3. Aspectos Legais da Segurança	37
3.3.1. Definições.....	38
3.3.2. Mecanismos de geração dos danos provocados por agentes químicos	41
3.3.3. Enquadramento Legal.....	42
3.3.4. Identificação e avaliação dos riscos derivados da presença de agentes químicos no local de trabalho.....	43
3.4. O Ensino da Segurança aos alunos	51
3.4.1. Riscos versus Benefícios	51
3.4.2. Registo de acidentes/incidentes	52
3.4.3. Preparar um guia de Segurança	53
Capítulo 4 - Resíduos de aulas experimentais: que fazer?	54
4.1. A Utilização de produtos químicos nas escolas	54

4.2. A Gestão dos Resíduos nas Instituições de Ensino	63
4.3. Requisitos para implementar uma gestão de resíduos	66
4.4. Tratamento dos Resíduos	78
4.5. Relatos de experiências bem Sucedidas	90
4.6. Relato 1 – Tratamento de resíduos numa instalação de ensino superior	91
4.7. Relato 2 - Eliminação de resíduos pelos alunos	103
Capítulo 5 - O Ensino por Projectos	116
5.1. Considerações Gerais	116
5.2. Planificação e desenvolvimento de uma actividade para a disciplina de projecto... ..	119
5.2.1. Planificação	119
5.3. Proposta de Actividade - “Reduzir, Reutilizar, Reciclar”	129
Capítulo 6 - Considerações Finais e Recomendações	143
Bibliografia.....	145
Anexos.....	148

Índice de Figuras

Figura 1 - Símbolos de perigo recomendados pela União Europeia	32
Figura 2 -.Exemplo de um rótulo de um produto químico	33
Figura 3 – Exemplo de informação contida num Rótulo.....	45
Figura 4 – resumo das diferentes acções que pode comportar uma gestão adequada das fichas de dados de segurança.....	49
Figura 5 – Esquema do tratamento de uma solução sulfocrómica	90

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Classificação de produtos químicos segundo o seu ponto de fulgor	34
Tabela 2 – Ponto de Fulgor, ponto de combustão e ponto de ignição de alguns produtos químicos.	35
Tabela 3 - Protocolo para a caracterização preliminar de resíduos químicos não- identificados	69
Tabela 4 - Resultados obtidos nos ensaios preliminares.	100
Tabela 5 – Resultados dos ensaios de identificação sistemática.	101

Capítulo 1 - Introdução

Durante os últimos anos cresceu, a nível mundial, a consciencialização da necessidade de um tratamento eficaz ou de uma adequada disposição final de qualquer tipo de resíduo quer por parte das indústrias químicas, quer das instituições académicas quer dos órgãos governamentais. Sempre que possível, existe uma preocupação por recuperar resíduos gerados por vários tipos de processos, com o objectivo de os tornar úteis novamente. Por outro lado, as indústrias estão gradualmente a substituir os processos tradicionais por tecnologias limpas. Estas atitudes são essenciais para que os danos ambientais e os riscos inerentes à saúde da humanidade sejam minimizados. A implementação destes programas permite que os resíduos recuperados possam não só ser sucessivamente reutilizados no mesmo processo em que foram gerados, como também ser transformados em matéria-prima para outros processos.

As escolas, como instituições responsáveis pela formação dos seus alunos e, consequentemente, pelo seu comportamento como cidadãos do mundo, devem também estar conscientes e preocupadas com este problema. As actividades laboratoriais realizadas em aulas experimentais geram resíduos que podem oferecer riscos ao meio ambiente e à saúde.

Muitos resíduos químicos gerados em laboratórios escolares vêm sendo acumulados e guardados há vários anos. Há frascos abandonados com resíduos e frascos de reagentes que perderam o rótulo pela acção do tempo. Apesar das precárias condições de armazenamento, felizmente nunca ocorreram explosões, intoxicações agudas ou incêndios ocasionados por estes resíduos.

O laboratório escolar é um lugar no qual se realizam tarefas características de determinada área do conhecimento. Sendo assim, difere de outros locais por ser necessário adoptar procedimentos específicos das actividades que lá se realizam e, por esta razão, é um local de risco.

Os riscos oferecidos por um laboratório químico são devidos a vários factores, entre os quais podemos citar: a absorção cumulativa, pelo organismo, de pequenas quantidades de substâncias presentes na atmosfera laboratorial (seja por inalação, absorção cutânea ou ingestão); a contaminação em grande escala por acidentes com produtos químicos (explosões, projecção de ácidos, etc.) e a má utilização de materiais de vidro, equipamentos eléctricos e outros.

Um dos objectivos das aulas de laboratório, dentro do contexto do ensino das Ciências, deve ser o de oferecer oportunidade aos alunos de poderem exercitar, na prática, os métodos experimentais. Este exercício representa uma forma de obter dados para a compreensão e análise dos fenómenos da natureza e realiza-se, a nível escolar, com o conhecimento e a observância de procedimentos básicos destinados, principalmente, a minimizar os riscos e a trabalhar com os métodos e equipamentos mais adequados a cada situação.

Para o aluno é fundamental perceber a necessidade de posturas características neste ambiente de trabalho. O laboratório da escola deve ser visto pelo aluno como um local de estudo com características diferentes das da sala de aula e onde, pela sua natureza, crescem as possibilidades de ocorrerem acidentes.

Para evitar acidentes, antes de entrar num laboratório, deve ser colocada ao aluno a necessidade da observância de normas e procedimentos para sua segurança e de seus colegas. Por serem muito simples, estas regras de segurança são, por vezes, consideradas pouco importantes e desprezadas no dia – a – dia. Por isso cabe ao professor lembrar, no início de cada actividade, as regras de segurança necessárias, além de observar o seu cumprimento por parte dos alunos.

Muitas vezes, o professor que utiliza os laboratórios escolares, por falta de informação mais detalhada, preocupa-se apenas com as orientações referentes à prática que planificou executar, descuidando a discussão dos procedimentos mais adequados

para preservar a segurança dos alunos e dos equipamentos, além de, muitas vezes, não se preocupar com as reacções secundárias porventura produzidas.

Por outro lado, a importância atribuída às medidas de segurança, promove o contacto do aluno com os hábitos e as atitudes inerentes ao trabalho de laboratório, itens importantes nos curricula escolares de Ciências.

A armazenagem e o manuseamento dos produtos químicos são os itens que mais exigem cuidado e precaução, pois, num laboratório, é manipulada e armazenada uma grande variedade de substâncias químicas, com as mais diferentes propriedades físicas e químicas. Surge então, a necessidade de se adoptar uma sistemática que proporcione condições para minimizar os riscos. Para isto deve-se conhecer a interacção entre os produtos químicos, seus comportamentos em diferentes condições (temperatura, humidade, incidência da luz solar), e sua toxicidade.

Quando as propriedades físicas e químicas dos produtos armazenados no laboratório são ignoradas, os riscos podem aumentar de tal forma que acidentes como explosões, emissões de gases tóxicos, incêndios, tornam-se inevitáveis.

A manipulação de produtos tóxicos, em laboratório escolar, deve ser evitada. Mas sendo inevitável, deve ser feita com elevado grau de segurança, desde que se reconheça a toxicidade do produto e o grau de risco envolvido.

Para eliminar de forma adequada os resíduos de laboratório, é necessário ter, pelo menos, algum conhecimento do tipo de produto ou subproduto a ser eliminado. A partir daí, sabendo algumas características químicas do resíduo, este pode ser guardado em recipientes adequados e descartado de forma segura. Os métodos de eliminação variam conforme a característica de cada resíduo. Por exemplo, ácidos e bases de alta toxicidade podem, em alguns casos, ser neutralizados e após diluição ser eliminados. No caso de resíduos contendo metais regeneráveis, estes devem ser recolhidos separadamente.

Estas são algumas sugestões de métodos de eliminação de resíduos, que podem ser usadas em Laboratórios de Química de escolas do Ensino Básico e Secundário. Estes métodos são apresentados de forma geral, sendo que, para cada tipo de resíduo, deve ser feito um estudo minucioso por pessoal competente.

Jamais se deve eliminar um resíduo de laboratório sem antes ter a certeza de que se está a utilizar o método seguro.

REGRA GERAL:

Antes de usar um produto, saiba como destruí-lo com segurança

Houve realmente um tempo em que os resíduos eram lançados na rede de esgotos dos laboratórios sem preocupação sequer com a segurança do aluno. Há trinta anos atrás, tal descarte era considerado irrelevante por dois motivos:

Acreditava-se que o efeito diluição tinha a capacidade de eliminar ou reduzir o potencial pernicioso dos resíduos descartados;

Como se supunha que a quantidade de produtos químicos descartados era tida como pequena, então os efeitos da eliminação dos mesmos, na natureza, pouco devia significar para os ecossistemas.

Esta ideia, fruto do desconhecimento, foi praticada, como muitas vezes testemunhamos, por bons alunos, professores e funcionários. Porém, como o avanço do conhecimento a todo o momento revela novas verdades, hoje essa prática mostra-se absurda, visto que pequenas quantidades de certos produtos químicos (dioxinas, cianetos e metais pesados, por exemplo), mesmo muito diluídas, apresentam elevado potencial para envenenar flora e fauna e, deste modo, atingir o Homem.

Assim, a ideia de riscos ambientais nulos ou mínimos, oriundos dos descartes dos laboratórios das Instituições de Ensino caiu por terra e, actualmente, a sua importância

tem sido contemplada por sólida legislação internacional (Montreal Protocol e, nos Estados Unidos, o Occupational Exposures to Hazardous Chemicals in Laboratory , por exemplo). Dalston e al. (2000).

Embora os produtos químicos oriundos destes laboratórios possam implicar certos riscos para a saúde, instalações físicas e meio ambiente, isto não deve servir de base para se defender a ideia de abandonar o estudo da Química. Pelo contrário, como ciência central, o seu estudo torna-se mais do que nunca a chave tanto para equacionar essa problemática, específica, isto é, reduzir ao mínimo, talvez eliminar por completo, os riscos do descarte de produtos químicos, como para avançar e desvendar novos campos do conhecimento. Com a sua ajuda, pode atender-se a muitos anseios humanos.

Relativamente à situação actual nas escolas portuguesas, Quádrio (2006), no seu estudo concluiu o seguinte:

“Relativamente às regras gerais de segurança estas têm evoluído ao longo dos tempos, devendo contudo estar presentes em todos os manuais, coisa que ainda não acontece e ser do conhecimento de todos os que frequentam o laboratório, professores, alunos e funcionários.

Os rótulos e os símbolos de perigo foram, de facto, os aspectos com alterações mais significativas ao longo dos tempos, nomeadamente em termos de legislação. Os símbolos de perigo e as frases de segurança, também deviam ser contemplados nos manuais, algo que só é referido, quando a segurança faz parte do programa.

Em relação ao tratamento de resíduos muito ainda tem que ser feito, tendo sido talvez o tema que sofreu menos alterações ao longo do tempo, pois este não é abordado nos manuais, nem é do conhecimento geral dos professores, apesar de ser dos temas mais tratados nos artigos das revistas de referência portuguesas.”

”Estes estudos mostram que também é da máxima relevância que se crie legislação específica para laboratórios escolares a nível comunitário, para de facto a

segurança passe a ser implementada efectivamente, pois a partir desse momento tem que passar a ser do conhecimento geral, deixando de ser negligenciada.“

“As condições de trabalho nas escolas não são as desejáveis, faltando equipamentos de segurança e de protecção pessoal, bem como laboratórios e armazéns de reagentes com as condições espaciais adequadas, tão fundamentais para que se possa trabalhar em segurança. A este nível pouco ou nada se tem feito, tendo-se verificado pelos artigos analisados que estas já eram as queixas que existiam há vinte e cinco anos atrás.“

“Recomenda-se também que o Ministério da Educação crie um sistema de recolha e tratamento de resíduos produzidos nas escolas, para que estes deixem de ser lançados no esgoto e os reagentes antigos sejam definitivamente retirados das escolas”

As conclusões deste estudo, anteriormente apresentadas, vêm corroborar aquilo que na minha prática lectiva, quer como professora de Química, quer como responsável pelos laboratórios em algumas escolas, já tinha constatado e que me motivou para a escolha do tema. O tratamento de resíduos químicos envolve grandes desafios. Abordar-se-ão dois deles, no presente trabalho:

Como o professor deve proceder para tratar e recuperar os resíduos químicos gerados no seu laboratório?

Como desenvolver nos alunos uma consciência ética em relação ao uso e eliminação das substâncias químicas?

Desta forma, a adopção de uma postura segura nas actividades experimentais de ensino torna-se necessária, sobretudo, para o bem-estar colectivo. Os responsáveis pelos laboratórios e/ou professores, não devem restringir-se a informar normas de segurança; o processo deve ter carácter formativo, para que seja incorporado à conduta diária e perpassa no ambiente escolar.

Nesse contexto, é imprescindível nortear o funcionamento dos laboratórios de Química pela adopção de procedimentos que favoreçam a segurança, como:

armazenagem e manuseamento adequado de produtos químicos, observância das propriedades e da rotulagem correcta dos materiais e substâncias. Nestes procedimentos, devem-se incluir a gestão dos resíduos perigosos e a manutenção dos equipamentos de protecção. O fazer consciente da experimentação amplia o seu papel na formação de professores porque levanta problemas, origina discussões e coloca questões relacionadas com os conceitos científicos e ambientais. Uma proposta pedagógica que inclua segurança e gestão de resíduos químicos torna a experimentação uma acção de educação ambiental, uma vez que favorece a obtenção de conhecimento, o desenvolvimento de percepção crítica e mudança de postura dos indivíduos.

Dentro das acções previstas para a elaboração de um projecto de gestão de resíduos, deve-se contemplar:

- O redimensionamento do espaço físico dos laboratórios, adaptando-os ao número de alunos;

- O tratamento dos resíduos gerados durante as aulas, actividade que poderá ser executada por alunos, professores e/ou técnicos, incorporando princípios de responsabilidade sócio – ambiental;

- A incorporação, na forma de reutilização, dos resíduos tratados;

- A redução da diversidade e quantidade de produtos utilizados na experimentação replanificando as experiências;

- A elaboração de parcerias com outras instituições para troca ou doação dos produtos perigosos, potencialmente perigosos, ou de efeitos desconhecidos, até que eles sejam esgotados.

No caso de haver intenção em manter a compra de produtos químicos perigosos, recomenda-se concentrar a armazenagem e a preparação de soluções num local único, preparado dentro de critérios rígidos de segurança, e por um profissional competente. Uma alternativa interessante tem sido a utilização de materiais disponíveis no comércio

local (supermercados, farmácias, lojas de ferragens e casas agrícolas) e que não oferecem riscos desnecessários para os utentes do laboratório.

Seria também útil que, na formação inicial do professor de Química, fosse realizada uma abordagem aos procedimentos de segurança, incluindo-se a gestão dos resíduos químicos, para que este docente possa planificar actividades experimentais não deixando de lado o princípio educativo desta prática. Isto pode ser concretizado por meio de disciplinas, inseridas no currículo e pertencentes a um eixo no qual a experimentação é concebida também como um instrumento de avaliação dos aspectos sociais, ambientais, políticos e éticos. Acções de formação contínua serão também de muito interesse dado que o conhecimento na área ambiental e de saúde está a crescer dia a dia.

Dentro deste âmbito, com o desenvolvimento deste estudo procuramos atingir os seguintes objectivos:

- Apresentar propostas para que uma escola possa ser autónoma na gestão dos resíduos que produz, sendo auto-suficiente em:
 - Reaproveitá-los;
 - Reutilizá-los;
 - Reciclá-los e eliminá-los.
- Proporcionar às escolas um instrumento de apoio para a concretização deste objectivo
- Apresentar propostas de actividades que possam contribuir para a Educação Ambiental
- Sensibilizar a comunidade escolar no âmbito da segurança.

Pensamos que a concretização destes objectivos será importante porque permitirá apresentar propostas úteis nos seguintes aspectos:

- Rentabilizar ao máximo o que existe numa escola tendo em conta a quantidade mínima de resíduos produzidos;
- Eliminar resíduos de vários tipos em termos de perigosidade;
- Quais as “regras de ouro” a cumprir quando se planificam os trabalhos laboratoriais;
- Sensibilizar a comunidade escolar para a segurança em termos gerais;
- Sensibilizar a comunidade escolar para os problemas ambientais;
- Conseguir a cooperação da comunidade escolar para o reaproveitamento: prática dos 3Rs (Reduzir, Reutilizar, Reciclar);
- Conseguir uma melhor gestão dos laboratórios de Química;
- Criar parcerias com:
 - Autarquias;
 - Indústrias químicas;
 - Outros laboratórios (outras escolas, fotográficos, de análises clínicas etc.)
- Selecção de protocolos experimentais alternativos que possam minimizar a produção de resíduos perigosos, pela substituição das substâncias mais perigosas, por outras que podem desempenhar o mesmo papel;
- Abordar alguns conceitos químicos “aproveitando” os processos e bases científicas utilizados nos tratamentos de resíduos (funcionando como protocolos experimentais a executar pelos alunos);
- Ligar a química à resolução de problemas ambientais;
- Planear projectos interdisciplinares neste âmbito;
- Criar, na própria escola, um centro de interesse para os alunos (clube da gestão de resíduos, por ex.)
- Elaborar Regulamentos Internos para o funcionamento dos laboratórios de química;

- Elaborar itens, de nível geral, sobre este aspecto, a inserir no Regulamento Interno de uma Escola;
- Definir quem responsabilizar sobre este trabalho e quais as suas funções concretas?
- Formar pessoal auxiliar neste âmbito

Este trabalho, em termos metodológicos, divide-se em duas fases:

A primeira fase inclui a pesquisa bibliográfica e leituras variadas de modo a construir o quadro teórico; a segunda fase consiste em apresentar a concepção de uma planificação para um projecto a ser implementado numa disciplina do Ensino Secundário, nomeadamente, na disciplina de Projecto do 12º ano, visando uma mudança de atitudes de natureza ambiental, intervindo directamente na comunidade escolar.

Relativamente à estrutura, esta dissertação encontra-se organizada em seis capítulos, Bibliografia e Anexos.

Capítulo Um – Introdução

É apresentada a justificação para a escolha do tema, do seu desenvolvimento assim como a sua estrutura;

Capítulo Dois – A Educação Ambiental na Escola

São abordadas, além de algumas concepções sobre Educação Ambiental, as suas evoluções históricas, a nível internacional e nacional. É apresentado o ponto da situação, relativamente aos efeitos práticos das várias acções que têm sido desenvolvidas, desde há trinta anos, no sentido de se estimular a Educação Ambiental em Portugal. Ainda neste capítulo, é apresentada a importância de se inserir a Educação Ambiental na prática pedagógica, particularmente nas aulas de Química.

Capítulo Três – Segurança na Utilização e Manuseamento de Produtos Químicos.

É um tema incontornável na abordagem da produção, controlo e gestão de resíduos químicos perigosos, no ambiente escolar. Dado a extensão deste tema, focam-se apenas os aspectos fundamentais necessários a ter em conta sempre que haja manuseamento de produtos químicos perigosos.

Capítulo Quatro – Resíduos químicos das aulas experimentais: que fazer?

Neste capítulo, procura-se dar resposta à primeira questão inicialmente colocada: “Como deve proceder um professor de Química para gerir os resíduos gerados nos laboratórios escolares?”. Procurou-se apresentar algumas orientações formativas que possam ser úteis, sobre o problema dos resíduos químicos dos laboratórios escolares, acumulados ao longo destes anos, ou para os que se vierem a produzir em aulas futuras.

Capítulo Cinco – Projectos em Aulas de Química

Pretende-se dar resposta à segunda questão: “Como se pode desenvolver nos alunos uma consciência ética relativamente à utilização e eliminação de produtos químicos?”. É feita uma abordagem à importância do ensino por projectos e na sua aplicação quando se pretende inserir a Educação Ambiental nas aulas de Química. Concretamente, é apresentada uma planificação para a disciplina de Projecto do 12º ano onde é introduzido o assunto abordado neste estudo, a gestão dos resíduos químicos dos laboratórios escolares, incluindo uma actividade com o tema: “Recuperar prata das radiografias por processos caseiros”.

Capítulo Seis – Considerações Finais e Recomendações

Por fim, neste capítulo, são apresentadas algumas reflexões finais e recomendações para futuros estudos sobre o assunto.

Após as referências bibliográficas, seguem-se os anexos que incluem todos os instrumentos que, por serem numerosos, não fazem parte do corpo do texto. No entanto, representam um potencial valioso para consulta.

Capítulo 2 - A Educação Ambiental na Escola

Actualmente, a preocupação com o ambiente está presente na vida de grande parte da população em diferentes culturas e países. Os *media* têm-se encarregado de divulgar, diariamente, grandes catástrofes ambientais, naturais ou provocadas pela actividade humana. A degradação ambiental, que tem ocorrido a nível mundial, introduziu novas preocupações. Nos encontros, debates e grandes conferências realizadas para a discussão deste assunto é consensual a necessidade da mudança de mentalidade na busca de novos valores e de uma nova ética para reger as relações sociais, cabendo à educação um papel fundamental nesse processo.

Utilizar a temática ambiental como forma de introduzir conceitos químicos, nas diversas unidades curriculares da disciplina de Química pode ser uma estratégia muito interessante.

Ao professor cabe a responsabilidade de demonstrar a importância do tema e estabelecer ligações com a disciplina em questão, o que é perfeitamente possível, pois todas as áreas da química podem contribuir significativamente para o estudo do meio ambiente.

Inevitavelmente todos os sectores da sociedade geram algum tipo de resíduo seja ele qual for. De certa forma somos estimulados a poluir desde a infância pela grande oferta de produtos cada vez menos duráveis.

O desenvolvimento tecnológico trouxe consigo a distribuição de grande quantidade de materiais descartáveis no meio ambiente, tais como latas, plásticos, papéis, etc.

Uma parte desses materiais pode retornar às linhas de produção pelo processo de reciclagem, evitando assim a extracção de mais recursos naturais e a consequente acumulação no meio ambiente.

Todos nós somos uma pequena fábrica de lixo e contribuímos para o desequilíbrio ecológico, resta-nos saber como podemos conviver com esse desenvolvimento desenfreado e ao mesmo tempo preservar o meio ambiente para as futuras gerações – a filosofia do desenvolvimento sustentável

Da criação de mecanismos para uma gestão consciente dos recursos naturais e da preservação ambiental muito se tem falado mas pouco ainda se tem feito. Ao preocuparmo-nos com a questão dos resíduos gerados nas aulas de laboratórios estamos a dar o nosso contributo para vivermos num mundo mais limpo e mais saudável.

2.1. Educação Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável

A multiplicação dos riscos, em especial os ambientais e tecnológicos de graves consequências, é o elemento chave para se entender as características, os limites e as transformações da nossa modernidade. É cada vez mais notória a complexidade desse processo de transformação de uma sociedade cada vez mais não só ameaçada, mas directamente afectada por riscos e danos sócio-ambientais. Os riscos contemporâneos clarificam os limites e as consequências das práticas sociais, trazendo consigo um novo elemento, a "reflexão". O conceito de risco passa a ocupar um papel estratégico para o entendimento das características, dos limites e das transformações do projecto histórico da modernidade e para reorientar estilos de vida colectivos e individuais. Num contexto marcado pela degradação permanente do meio ambiente e do seu ecossistema, isso envolve um conjunto de actores do universo educativo a todos os níveis, potenciando o envolvimento das diversas áreas do conhecimento e a sua capacidade numa perspectiva interdisciplinar. Os educadores têm um papel estratégico e decisivo na inserção da educação ambiental no quotidiano escolar, dotando os alunos de uma atitude crítica face à crise sócio - ambiental, tendo como horizonte a transformação de hábitos e práticas

sociais e a formação de uma cidadania que os mobilize para a questão da sustentabilidade no seu significado mais abrangente.

2.2. Concepções sobre Educação Ambiental

Os encontros e debates que tratam da Educação Ambiental apontam para a necessidade da formulação de um quadro teórico - conceptual e metodológico que permita a operacionalização da concepção da mesma e da formulação e análise crítica de propostas para a sua implementação.

A base conceptual da Educação Ambiental tem sido objecto de muita discussão pelos investigadores e/ou educadores em função do carácter interdisciplinar que a caracteriza. Inicialmente, predominava na fundamentação teórica que a orientava uma visão romântica, proteccionista e ecológica. Nas últimas décadas, a Educação Ambiental passou a ser vista como capaz de promover novos valores, condutas sociais ambientalmente correctas tendo como princípio norteador a ética nas relações sociais.

Para Pedrini (1998), "a Educação Ambiental é uma das possibilidades da reconstrução multifacetada não cartesiana do saber humano, constituindo-se num saber construído socialmente e caracteristicamente multidisciplinar na estrutura, interdisciplinar na linguagem e transdisciplinar na sua acção". Ela deve visar a transformação do educando através do desenvolvimento de novos valores, hábitos, posturas, condutas e actos na relação com o ambiente considerado em toda a sua complexidade.

Muitos educadores e investigadores ambientais entendem que a Educação Ambiental é um referencial importante de mudança no campo da Educação. Em relação a esse assunto, Reigota (1994) comenta sobre os desafios enfrentados para a sua prática "... A Educação Ambiental na escola ou fora dela continuará a ser uma concepção radical de educação, não porque prefere ser a tendência rebelde do pensamento

educacional contemporâneo, mas sim porque a nossa época e a nossa herança histórica e ecológica exigem alternativas radicais, justas e pacíficas".

Dentro de uma visão construtivista e ambiental, os conhecimentos desejáveis na Educação Ambiental devem estruturar-se como uma síntese integradora de diferentes abordagens como, por exemplo, a análise histórica e epistemológica dos conceitos e modelos científicos, a análise da problemática sócio - ambiental relevante no contexto de referência, a análise de concepções prévias e dos procedimentos e valores desejáveis.

A Educação Ambiental deve proporcionar experiências que possibilitem colocar as pessoas em contacto directo com o mundo e sensibilizá-las para os ecossistemas que as envolvem; discutir a importância do ambiente para a saúde e o bem-estar do homem e para o exercício da sua cidadania; avaliar o desenvolvimento económico aliado à degradação ambiental e à qualidade de vida e desenvolver no educando o sentido ético-social diante dos problemas ambientais.

A Educação Ambiental deve ser entendida como um processo de busca do conhecimento, que deve resultar na aquisição de valores que permitam aos indivíduos envolvidos actuar de modo consequente no meio em que vivem. A aquisição do conhecimento fornece elementos para melhorar a compreensão da realidade e dos problemas que afectam o ambiente na actualidade.

A globalização dos problemas ambientais e a sua compreensão são da responsabilidade do conjunto das sociedades. A educação formal como um dos espaços colectivos para produção/reflexão de conhecimentos, torna-se hoje, mais do que nunca, desafiada para inserir nas suas práticas pedagógicas a perspectiva ambiental como um dos eixos norteadores para a construção de significados que possam levar à superação do actual contexto sócio -histórico, da degradação e exploração da natureza, incluindo do próprio homem.

2.3. Evolução da Educação Ambiental

Importantes eventos mundiais marcaram a trajetória da Educação Ambiental nas últimas décadas. O primeiro deles foi a Conferência da Organização das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, a Conferência de Estocolmo, realizada em 1972; simultaneamente o Clube de Roma, formado por vários países ricos, publicava um documento importante, um relatório sobre o crescimento demográfico e a exploração dos recursos naturais, fazendo previsões desagradáveis sobre o futuro da humanidade. A importância deste documento denominado “Limite do Crescimento” deve-se ao facto de ter denunciado os limites da exploração do nosso planeta e a sua fragilidade.

A Conferência de Estocolmo marcou, a nível internacional, a necessidade de políticas ambientais, reconhecendo a Educação Ambiental como uma necessidade para a solução dos problemas ambientais. Foram ainda propostas nesse encontro, orientações para as habilitações dos professores e o desenvolvimento de novos métodos e recursos institucionais para a implementação da Educação Ambiental nos diversos países.

Ao longo das décadas de 70 e 80, a UNESCO promoveu três conferências internacionais para atender às recomendações feitas no Encontro de Estocolmo e que resultaram em três importantes declarações sobre o tema Educação Ambiental. Em 1975, a Conferência de Belgrado produziu a Carta de Belgrado e um Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA). Este programa mantém uma base de dados com informações sobre instituições e projectos envolvidos com a Educação Ambiental, além de promover eventos e publicações específicas sobre este tema.

O segundo encontro promovido pela UNESCO, a Conferência de Tbilisi, realizada em 1977 na cidade de Tbilisi, na Geórgia, constituiu-se na primeira Conferência Intergovernamental. A declaração produzida nesta reunião contém objectivos, estratégias, características, princípios e recomendações para a Educação Ambiental que foram aperfeiçoados em publicações posteriores da UNESCO em 1985, 1986, 1988 e 1989. Nesse documento encontram-se, por exemplo, recomendações para que a

Educação Ambiental aconteça tanto ao nível da educação formal quanto da informal, envolvendo pessoas de todas as idades.

A terceira conferência foi realizada em Agosto de 1987 em Moscovo, e destacou-se das demais por criar um quadro teórico - metodológico para a concretização da Educação Ambiental, sugerindo uma reorientação do processo educacional. Entre os objectivos dessa conferência estava um plano de acção para a implementação da Educação Ambiental ao longo da década de 90.

Embora vários outros encontros tenham acontecido para tratar as dimensões sócio-ambientais, a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu ainda outra reunião importante, realizada em 1992, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Conferência da Cúpula da Terra ou Rio 92. Esse encontro aprovou cinco acordos oficiais internacionais sobre temas como Meio Ambiente e Desenvolvimento, Florestas, Mudanças Climáticas, Diversidade Biológica, além da famosa Agenda 21 que contém pressupostos para a implementação da Educação Ambiental visando a sobrevivência dos povos para o século XXI. Neste documento foram apresentados compromissos e intenções para uma melhoria da qualidade de vida e da sua sustentabilidade.

No ano de 2002 aconteceu outro evento importante, a “Rio + 10”, na África do Sul, na cidade de Joanesburgo, onde foi feito um balanço das acções sócio - ambientais realizadas na última década, após a Rio-92. Mais uma vez se constatou a necessidade de todas as nações se envolverem na tarefa da preservação do nosso planeta, assumindo as responsabilidades que cabem a cada uma delas, visando o cumprimento efectivo dos compromissos já assumidos. Percebeu-se, também, a dificuldade em fazer com que certos países desenvolvidos reconheçam a grande responsabilidade que lhes cabe na implementação de medidas de protecção do ambiente e da vida, em especial, quando as medidas a serem adoptadas conduzem a uma diminuição da produção industrial e do consumo.

2.4. A Educação Ambiental em Portugal

2.4.1. Evolução histórica

Em 1948 surge, em Portugal, o primeiro movimento social de conservação da natureza (LPN) Liga para a Protecção da Natureza. Embora em 1968, no III Plano de Fomento, tenham surgido as primeiras referências explícitas e coerentes a questões ambientais, só após o 25 de Abril de 1974, ganharam expressão e importância. Até aí as preocupações com as questões ambientais eram assumidas num âmbito conservacionista, optando-se por uma política de conservação da natureza.

Em 1969, na *Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica* (JNICT), como resposta à solicitação da ONU para a participação de Portugal na Conferência de Estocolmo em 1972 – Conferência Internacional sobre Ambiente Humano, é elaborado um documento, que pode ser considerado precursor da Comissão Nacional do Ambiente (CNA), que desempenhou um papel significativo na história do Ambiente em Portugal – a *Monografia Nacional sobre problemas relativos ao Ambiente*.

Em 1971, no âmbito do “Ano da Conservação da Natureza”, organizado pelo Conselho da Europa em 1970, é criada, em Portugal, a primeira área protegida – Parque Nacional da Peneda – Gerês. Neste mesmo ano, é criada a *Comissão Nacional do Ambiente (CNA)*, com funções e actividades no domínio da informação e sensibilização ambiental. A CNA, promoveu a primeira comemoração do Dia mundial do Ambiente, em 5 de Junho de 1973.

Em 1975 é criada a Secretaria de Estado do Ambiente do Ministério do Equipamento Social e Ambiente, reestruturada a CNA, criando-se na sua nova orgânica, o Serviço Nacional de Participação das Populações, continuando a exercer as suas funções no âmbito da informação e sensibilização ambiental. É neste contexto, e na sequência da reforma do Sistema Educativo, que se dão reformulações nos programas

escolares, e se incluem diversas matérias ou temas ambientais em várias disciplinas e áreas disciplinares, não se podendo ainda considerar, formalmente como Educação Ambiental (EA), que só foi definida e concretizada na Conferência de Belgrado que decorreu em Outubro de 1975.

Em 1976, a Constituição da República Portuguesa, no seu artigo 66º, estabelece “os direitos do ambiente”. A 4ª revisão da Constituição da República Portuguesa passa a integrar, no mesmo artigo, destinado ao «ambiente e qualidade de vida», a «educação ambiental e o respeito pelos valores do ambiente».

Em 1977, com a realização da Conferência de Tbilisi, são reiterados os conceitos e princípios da EA, e Portugal participou activamente.

A CNA, estende a sua acção até 1983, ano em que é extinta. Surge, posteriormente, o Serviço Nacional de Parques, Reservas e Conservação da Natureza (SNPRCN), que se mantém, em idênticas funções até 1987.

Em 1986, com a entrada de Portugal na União Europeia, surge uma nova política de ambiente e Educação Ambiental (EA). Em 1987, são publicados dois diplomas legais fundamentais: a Lei de Bases do Ambiente e a Lei das Associações de Defesa do Ambiente. É criado o Instituto Nacional do Ambiente (INAmb), com competências no domínio da formação e informação dos cidadãos.

A publicação da Lei de Bases do Sistema Educativo, em 1986, vem reconhecer a Educação Ambiental nos novos objectivos de formação dos alunos, apesar de não ser de forma clara e objectiva.

Em 1990, é criado o Ministério do Ambiente e Recursos Naturais. Neste mesmo ano, surge a Associação Portuguesa de Educação Ambiental (ASPEA) que em 1995, realiza as I e II Jornadas Pedagógicas da Educação Ambiental, de âmbito nacional.

Em 1992, Portugal participa na Conferência do Rio, e em 1993, o INAmb dá lugar ao Instituto de Promoção Ambiental (IPAmb).

Em 1995, é publicado o primeiro Plano Nacional de Política de Ambiente, onde a Educação Ambiental aparece com um capítulo específico, prevendo-se uma articulação

entre as políticas sectoriais de educação, ambiente e formação, numa perspectiva de finalidades comuns e responsabilidades partilhada.

Em 1997, é lançada a Rede Nacional de Ecotecas através de parcerias com o IPAmb e outras entidades como as autarquias.

Em 2001, o IPAmb é extinto e em 2002, é integrado no Instituto do Ambiente (IA)

Em 2002, dá-se a reestruturação do Ministério do Ambiente e Recursos Naturais passando a designar-se por Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente (MCOTA).

Em 2003, o Currículo do Ensino Secundário é reestruturado onde se incluem “áreas curriculares não disciplinares” sobre as Novas Tecnologias e Projecto onde poderão ser trabalhados temas relacionados com a Educação Ambiental.

Com a implementação da Estratégia Nacional de Educação Ambiental para a Sustentabilidade criam-se as condições para que se possa desenvolver, de forma coordenada e participada, uma política de Educação Ambiental em Portugal. Pinto (2004)

2.4.2. Ponto de Situação

De há 30 anos a esta parte, temos assistido a várias acções no sentido de se fomentar a Educação Ambiental. No entanto, é premente podermos perceber que efeitos práticos essas acções têm tido. De facto, os resultados dessas acções não estão estruturados e são pouco conhecidos. É nesse sentido que se entende útil poder aqui apresentar o estudo desenvolvido por Guerra, Schmit & Nave, 2008.

Este estudo focaliza-se em dois aspectos essenciais da Educação Ambiental. Por um lado a crescente importância que o sistema escolar vai tendo na formação dos cidadãos a este nível. Por outro lado, a possibilidade de chegar ao cidadão através de uma consonância e interligação com outras áreas educacionais da sociedade.

No âmbito do projecto de investigação referido, foi realizado um inquérito em cerca de 15.000 estabelecimentos de ensino portugueses, não universitários, disseminados por todo o território nacional, privados ou públicos.

O objectivo do projecto de investigação foi, tal como descrito no referido estudo “avaliar a situação actual dos projectos de Educação Ambiental e de Educação para o Desenvolvimento Sustentável numa perspectiva de diagnóstico, identificando-se dinâmicas, constrangimentos e potencialidades dos projectos recenseados, desenvolvidos nos estabelecimentos de ensino quer por iniciativa das escolas, quer por iniciativa das ONG de Ambiente ou de Desenvolvimento, quer, ainda, por iniciativa das autarquias ou de empresas ligadas ao sector ambiental.”

Por um lado entendia-se a necessidade de auscultar toda a dinâmica de desenvolvimento da Educação Ambiental no meio escolar mas a iniciativa poderia advir do próprio meio como de outras instituições da sociedade. O objectivo último seria, no fundo e tanto quanto possível, apurar o impacto que essas iniciativas produziam fosse a origem da iniciativa de meio escolar ou de outras instituições.

Com a crescente importância que a responsabilidade ambiental tem vindo a desempenhar no panorama internacional, como um factor claramente de peso a considerar nas futuras políticas económicas, cada vez mais a Educação Ambiental se foi afastando das acções de propaganda de vários grupos ecológicos um pouco à margem da sociedade para se sustentar nas políticas centrais dos países e constar nas suas agendas políticas.

Neste panorama, a principal questão que se põe é se, de facto, a Educação Ambiental em Portugal está a ser levada a cabo de uma forma estruturada centrando-se no problema como um todo e em tudo aquilo que nos afecta e que, portanto, se veicula mais numa perspectiva de cidadania ou se, pelo contrário, apenas tenta fazer chegar uma perspectiva individual da preservação do ambiente.

Se neste momento é claro que já não está só em causa a preservação das espécies mas sim a preservação do planeta, uma estratégia de Educação Ambiental pode já não

ser suficiente para educar o cidadão nas questões essenciais de mudança. Mais do que isso, é necessário adotar uma postura de responsabilização, um alinhamento em consonância com as demais entidades da sociedade e concertação mundial e, com isto, caminhar para uma educação de desenvolvimento sustentado e promover a cidadania responsável.

Se é este o caminho indicado, necessário para resolver um problema tão global como o da degradação do ambiente, antes de podermos agir urge saber qual o ponto da situação da Educação Ambiental/Educação de Desenvolvimento Sustentado que assistimos neste momento no nosso país.

Antes de mais é conveniente podermos estabelecer as diferenças concretas entre Educação Ambiental e Educação de Desenvolvimento Sustentado.

Considerando o estudo anteriormente invocado: “Entende-se, em geral, a Educação Ambiental como um processo de aprendizagem permanente que procura incrementar a informação e o conhecimento público sobre os problemas ambientais, promovendo, simultaneamente, o sentido crítico das populações e a sua capacidade para intervir nas decisões que, de uma forma ou de outra, afectam o ambiente e as suas condições de vida. Este processo pretende-se, portanto, continuado e compreensivo, permitindo uma interpretação integrada do ambiente que incorpore o próprio lugar dos cidadãos no complexo sociedade - ambiente e as consequências das suas actividades no ecossistema.

O desequilíbrio ecológico e a degradação ambiental decorrem, no entanto, pelo menos em boa parte, das díspares e desajustadas condições de consumo da modernidade, da pobreza e das desigualdades endémicas que continuam a flagelar a maior parte da população mundial. Daí que um desenvolvimento ecológico equilibrado e sustentável, refere-se no relatório Bruntland, exija “que se dê satisfação às necessidades básicas de toda a gente e que se ponha ao alcance de todos a possibilidade de satisfazerem as aspirações a uma vida melhor” citado em Guerra e al (2008).

Pela forma como se descreve a Educação Ambiental, parece abrangente o suficiente para conseguir responder ao desafio internacional de incrementar a cidadania na perspectiva de sinergia em que o somatório do todo é maior quando agindo de forma alinhada e para um mesmo objectivo comum.

O conceito de desenvolvimento sustentado surge posteriormente quando a UNESCO declara a Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável da UNESCO.

Muitas são as dúvidas de qual o “conceito” que poderá ser mais eficiente. Se aquele que é, digamos, mais “regional” ou aquele que é mais “global”.

Por um lado o conceito de Educação Ambiental poderá estar tão centrado ao nível do detalhe e do país onde actua que poderá a certa altura perder a linha condutora de actuar como uma solução global.

Por outro lado, a Educação do Desenvolvimento Sustentado poderá ser demasiado global e perder eficácia na aplicação específica ao nível do cidadão.

Seja qual for o conceito que possa ser aplicado aceita-se que ambos têm como objectivo promover “educação cívica que fomente a participação e o empenho para se conseguir o equilíbrio quer nas relações entre sociedade e ambiente, quer entre as várias comunidades humanas, ricas e pobres, desenvolvidas e subdesenvolvidas. Porque, afinal, do equilíbrio entre os últimos binómios depende também o equilíbrio do primeiro. Mais ainda no caso português que, no contexto europeu, apresenta particularidades no modelo de desenvolvimento que tem vindo a prosseguir e que, em grande parte, resultarão do facto de termos saltado abruptamente de uma sociedade rural pauperizada (mas sem graves afectações ambientais) para uma sociedade moderna mas de acentuados défices de modernidade (sem os benefícios suficientes do processo de modernização adoptado) e que acabou por criar uma particular sensibilidade às questões económicas e sociais em detrimento das ambientais. Schmidt (2005) citado em Guerra e al. (2008).

Como resultado do estudo realizado, conclui-se que as iniciativas levadas a cabo apresentam grandes limitações na sua aplicação. Senão, vejamos:

Incidência limitada: Confina-se ao espaço escolar e aos alunos. Raramente é levado fora da abrangência da escola e mesmo dentro da escola raramente incide sobre várias classes da sociedade, limitando-se a incidir sobre os alunos.”Os projectos aqui recenseados que prevêem destinatários na comunidade envolvente ou, pura e simplesmente, extra-escolares, não ultrapassam os 7,1%”. Guerra e al. (2008)

Relativamente às parcerias, “surgem também com pouca expressão e maioritariamente recrutadas entre as áreas tradicionalmente ligadas ao ambiente nas administrações local e central”. Guerra e al. (2008)

Limitação dos temas abordados: os temas abordados são os clássicos: política dos 3Rs, fauna e flora. Não se evidencia uma sensibilização para temas relacionados com o “mundo real”: “o inquérito decorreu logo após uma época particularmente penalizadora na questão dos incêndios (dois anos consecutivos de inúmeros e calamitosos incêndios que reduziram a cinzas uma boa parte da floresta portuguesa) e de seca (um ano com valores de precipitação como não há memória) contudo poucos foram os inquéritos recenseados que tenham abordado o tema”. Guerra e al. (2008)

“Neste panorama, em termos gerais, realça-se a predominância da questão ecológica em desfavor da questão cívica o que, num país com um dos mais elevados défices de cidadania no contexto da U.E., aponta para a necessidade de reforçar esta vertente essencial no contexto Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável”. Guerra e al. (2008).

Um segundo aspecto a realçar é no que diz respeito aos grupos-alvo dos projectos. “Apesar de alguns sinais de crescimento entre as escolas de níveis elevados, o peso dos estudantes e alunos mais novos é esmagador, o que aponta para uma espécie de “infantilização” constante da ED/EDS e para uma tendência especialmente recreativa e lúdica que tem caracterizado o panorama destas actividades em Portugal. Também a dificuldade de penetração da ED/EDS nos curricula, resultante do desencontro entre

uma visão curricular do Ministério da Educação, com uma prática fundamentalmente assente em aspectos mais recreativos do Ministério do Ambiente”, pode justificar esta situação.

Por fim, um terceiro aspecto, que resulta dos anteriores, “prende-se com a própria “insustentabilidade” dos projectos da EA/EDS, o que se constata através das dificuldades em dar sequência às acções envolvidas. Os projectos nascem, segundo a maioria das respostas, com objectivos de continuidade, mas a realidade é outra. A maior parte deles, não resiste a mais de três anos e, são maioritários os que se tinham iniciado há menos de um ano. Pensa-se que esta “insustentabilidade” resulta das dificuldades de mobilização, quer da sociedade civil em geral, quer da dificuldade da própria comunidade escolar para motivar e envolver os professores nos projectos”. Guerra e al. (2008)

Em conclusão final, o estudo refere: “O que falta, é a capacidade de mobilizar parceiros e participantes que possam, de uma forma continuada e progressiva, dar sentido e coerência às acções e aos projectos de EA/EDS. Projectos estes que implicam um esforço acrescido de dinamização e articulação com as comunidades locais em particular e com a sociedade em geral num modelo que se requer cada vez mais sustentável”. Guerra e al. (2008)

Perante esta situação achamos, mais uma vez, estar no bom caminho para, através do tratamento de resíduos nos laboratórios escolares, podermos contribuir para inserir na escola uma abordagem da Educação Ambiental mais articulada com os currícula, principalmente os de química, mais transversal do que vertical e dentro do objectivo principal da Agenda 21 : “Agir localmente, pensando globalmente”.

2.5. Educação Ambiental em aulas de Química

A problemática ambiental é, sem dúvida, o tema de discussão mais desafiador do século XXI.

A partir da década de 60, iniciaram-se movimentos sociais que questionavam os danos ambientais causados pelo avanço científico. Embora esses movimentos, num primeiro momento, apresentassem uma visão naturalista, no sentido de focar as atenções para os problemas relativos à fauna e à flora, as questões sociais foram sendo incorporadas ao longo das diversas conferências sobre educação ambiental (EA) debatendo os impactos da modernidade sobre o meio ambiente. O ponto comum que caracteriza essas conferências é a necessidade de se formar cidadãos críticos e participativos no alcance de um desenvolvimento ambientalmente saudável e fazer da educação um meio imprescindível para atingir esse objetivo.

Os problemas ambientais têm exigido do campo educacional um compromisso maior com um ensino que tenha como principal finalidade a formação de cidadãos críticos aptos a tomar decisões conscientes na sociedade.

A EA surgiu com a finalidade de promover uma educação que torne conscientes as pessoas quanto à sua participação e responsabilidade sobre o meio ambiente. Nessa perspectiva, a temática meio ambiente deixou de ser tratada somente pelos especialistas e inseriu-se, gradualmente, no ensino escolar.

A educação exerce um papel fundamental na preparação do educando a “aprender a aprender” a respeitar a vida, o homem, a natureza; a “aprender a ser” humano, ético, sensível às necessidades; a “aprender a conviver” com as diversidades do mundo; e “aprender a viver” em harmonia consigo mesmo e com o outro. Para isto, é necessário fazer da sala de aula um espaço de discussão e reflexão criando condições para uma compreensão crítica sobre a realidade da vida. A relação entre o ensino da química e a formação do cidadão evidencia uma importância fundamental que é a de assegurar ao indivíduo o exercício consciente da sua cidadania, e para isso, é preciso apontar e

levantar questões que envolvam aspectos sociais, tecnológicos, políticos e ambientais, preparando-o para participar activamente numa sociedade democrática.

Os educadores apontam a necessidade do aluno adquirir um conhecimento mínimo de química para poder participar com maior fundamento na sociedade actual. As transformações que vêm ocorrendo nos métodos de produção, as questões de impacto, a preocupação social com a preservação dos recursos, tudo isso exige que metodologias voltadas para a formação sobre o meio ambiente sejam implementadas nos mais diversos cursos. A aprendizagem da química melhorará a relação ser humano/meio ambiente mostrando, assim, que química e meio ambiente não são compartimentos separados e sim uma unidade. No entanto, no quotidiano dos professores, essa ideia de que na aula de química se ensina unicamente química, elementos químicos, e na aula de meio ambiente se ensina meio ambiente e causas naturais, acaba por colocar um enorme fosso entre o que aprendemos e o que praticamos no nosso dia-a-dia, fazendo com que o efeito, de matérias ditas “teóricas”, seja o de tornar a sua aprendizagem enfadonha e cansativa para o aluno que não vê utilidade no seu “conteúdo”.

O compromisso com a química sustentável foi impulsionado com a criação da Agenda 21.

Os resíduos gerados em laboratórios de ensino e investigação estão entre os novos desafios da educação em Química. Estes têm sido alvo de uma atenção especial, principalmente por parte das Instituições de Ensino estrangeiras, uma vez que as actividades experimentais geram quantidades significativas de grande variedade de produtos químicos com impactos negativos para o meio ambiente. Além de se incentivar a execução das actividades experimentais em micro - escala e uso de reagentes menos perigosos, uma solução para prevenir ou minimizar a poluição é a adopção de um sistema de gestão de resíduos nos locais onde são gerados, incluindo procedimentos de identificação, separação, recuperação e tratamento antes do descarte final (JARDIM, 1998).

Assim, o tratamento de resíduos químicos nos laboratórios escolares permite que os alunos obtenham conhecimentos sobre conceitos químicos e experiência nos procedimentos de separação e reciclagem das substâncias químicas.

O tema é adequado para um projecto interdisciplinar, pois apresenta desafios relevantes para alunos e professores e envolve a participação de várias disciplinas e da comunidade escolar na solução de problemas reais.



Capítulo 3 - Segurança na Utilização e Manuseamento de Produtos Químicos

No nosso dia-a-dia, lidamos constantemente com produtos químicos: champôs, detergentes, óleos, cervejas, desodorizantes, água, insecticidas, sais, tintas, medicamentos, perfumes e outros milhares de exemplos. Pela grande quantidade dos exemplos enunciados, percebemos que o manuseamento de produtos químicos deve ser responsável. Quer sejam habitualmente utilizados em nossas casas, quer façam parte do nosso trabalho, por quem tem (ou não) conhecimentos de química, o seu manuseamento deve ser sempre realizado de maneira responsável e sem desperdícios, tendo em conta a saúde pública e o meio ambiente.

É muito importante notar que a presença de produtos químicos no local de trabalho não quer dizer que, obrigatoriamente, há perigo para a saúde. Depende da combinação de muitas condições como, por exemplo, a natureza do produto químico, a sua concentração e o tempo de exposição do trabalhador a tal produto.

A utilização dos laboratórios escolares exige cuidados especiais por diversos motivos, entre os quais, salientamos: ambiente inadequado, grande número de alunos em sala de aula, inexperiência e agitação típicas dos adolescentes.

Em relação ao laboratório, deve-se considerar se este foi projectado para a realização de actividades experimentais.

Algumas vezes, o que se tem são salas de aula transformadas em laboratórios, não tendo em conta, por exemplo, o redimensionamento do quadro eléctrico, a instalação de equipamentos de protecção colectiva, locais para armazenamento de produtos químicos e ventilação dos ambientes.

Apesar do exposto, quando o professor se decide pelas actividades experimentais, deve considerar os aspectos relacionados com a segurança, tais como regras de manuseamento, acondicionamento e armazenagem de produtos químicos, além da disposição final dos resíduos produzidos. As aulas experimentais devem ser planeadas no sentido de apresentar aos alunos a forma correcta de agir no laboratório, minimizando as probabilidades da ocorrência de acidentes.

Todos os produtos químicos são perigosos, mas todos podem ser utilizados cuidadosamente se soubermos como controlar a sua perigosidade.

Os fornecedores dos produtos químicos utilizados nas escolas têm a responsabilidade de informar os clientes das características perigosas dos produtos químicos que fornecem.

Esta informação deve ser fornecida através, quer dos rótulos das embalagens dos produtos, quer de Material Safety Data Sheets (MSDSs) fornecido separadamente.

Por sua vez, os professores devem informar os alunos do que devem fazer e o que devem evitar quando têm que preparar ou realizar experiências que envolvam produtos químicos e, posteriormente eliminar os resíduos.

Todos são responsáveis: alunos, professores e coordenadores. Todos devem trabalhar em conjunto para assegurar que professores e alunos usem os produtos químicos com precaução e cuidado.

3.1. Rótulos e Material Safety Data Sheets (MSDSs)

A manipulação dos produtos químicos usados correntemente no laboratório, implica a identificação dos perigos inerentes à sua manipulação. Assim, os rótulos das embalagens fornecem a informação básica, nomeadamente, identificação do produto, fornecedor, pureza, propriedades físico-químicas e indicações sobre eventuais riscos associados ao manuseamento dos mesmos.

Esta informação primária deve ser complementada com a consulta das “Material Safety Data Sheets” (MSDS), onde se inclui informação suplementar sobre o combate a incêndios, dados toxicológicos, etc.

A informação sobre eventuais perigos, pode ser apresentada, abreviadamente, sob a forma de pictogramas de indicação de perigos, frases de risco R e frases de segurança S que complementam e especificam as informações do pictograma

Nas figuras 1 e 2 seguintes apresentamos alguns dos pictogramas mais frequentes em produtos de uso comum num laboratório de Química, assim como o exemplo de um rótulo de um produto químico.

Relativamente ao exemplo de uma MSDs, por ocupar muitas páginas encontra-se no anexo 8.

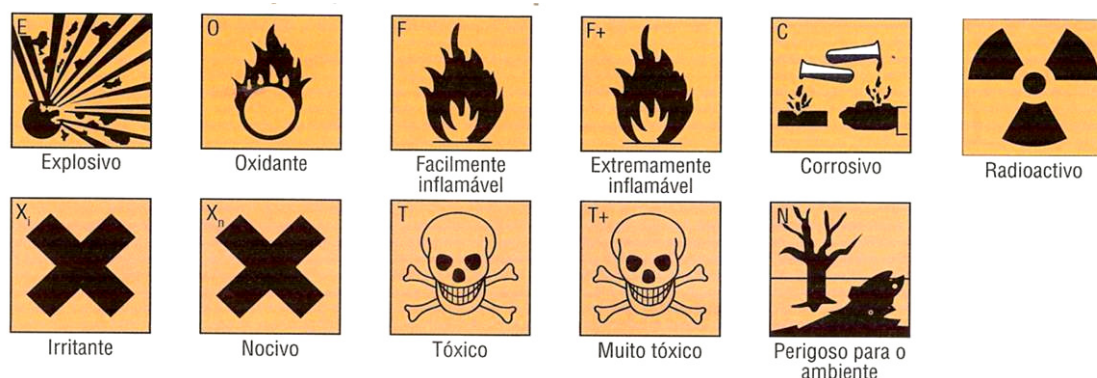


Figura 1 - Símbolos de perigo recomendados pela União Europeia

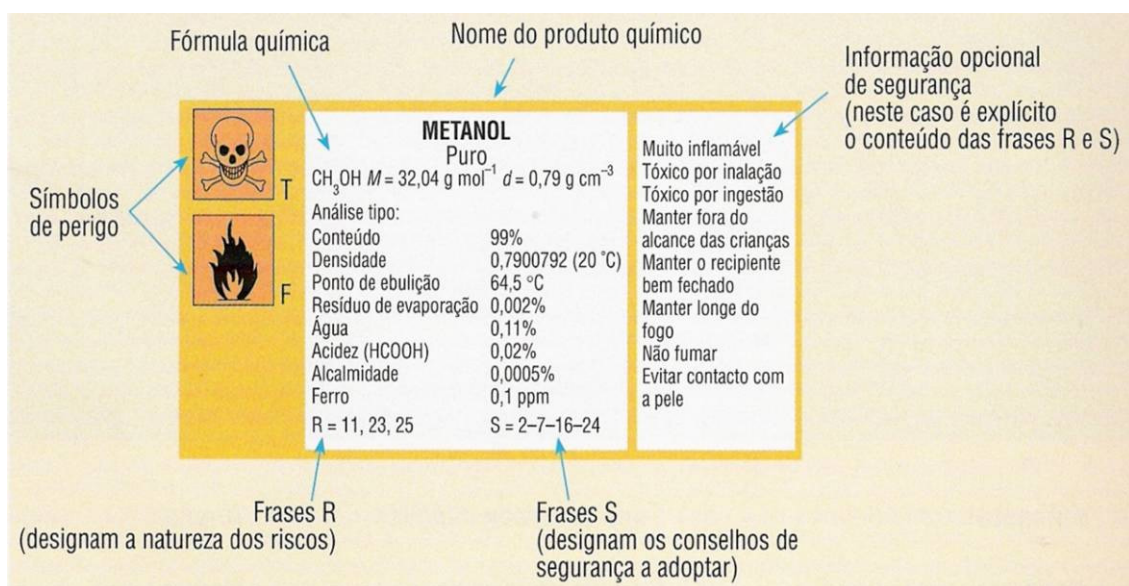


Figura 2 -.Exemplo de um rótulo de um produto químico

3.2. Produtos Perigosos

Relativamente aos produtos perigosos, existem duas categorias de perigos: químicos e físicos.

3.2.1. Perigos Químicos

Relativamente aos perigos que apresentam, os produtos químicos devem ser agrupados nas seguintes categorias:

- Inflamáveis
- Tóxicos
- Explosivos
- Oxidantes
- Corrosivos

- Sensíveis à água
- Gases comprimidos

Inflamáveis

São todos aqueles cuja temperatura de fulgor, é inferior à temperatura ambiente.

Exemplos comuns: acetona, álcool etílico e o ácido acético.

Deve evitar-se o uso de recipientes de vidro para os guardar e devem ser colocados em armários metálicos resistentes ao fogo e à explosão.

Para compreender o comportamento destes produtos perante uma fonte de aquecimento ou em contacto com o ar, devem ser definidos previamente os seguintes limites:

Ponto de fulgor - (*flash point*)

É a temperatura à qual os vapores libertados se inflamam, ainda que em quantidade insuficiente para continuar a combustão;

Na classificação da National Fire Protection Association (NFPA), são considerados líquidos inflamáveis os que nas condições normais de temperatura e pressão têm ponto de fulgor abaixo de 93°C e dividem-se nas seguintes classes:

Classe	Ponto de Fulgor
I	< 4° C
II	entre 4°C e 21 °C
III	entre 21 °C e 93°C

Tabela 1 – Classificação de produtos químicos segundo o seu ponto de fulgor

Ponto de combustão – (fire point)

É a temperatura à qual os vapores libertados se inflamam ao contacto com uma chama e que são em quantidade suficiente para alimentar a combustão; para uma grande parte dos líquidos (combustíveis e inflamáveis), o ponto de fulgor e o de combustão são muito próximos, razão pela qual, para estes líquidos só se usa o ponto de fulgor.

Ponto de ignição

É a temperatura à qual os vapores libertados entram em combustão espontaneamente.

A tabela seguinte indica os valores dos pontos de fulgor de ignição e de combustão de alguns produtos comuns usados nos laboratórios escolares

Produto	Ponto de fulgor (°C)	Ponto de combustão (°C)	Ponto de ignição (°C)
Álcool etílico	13	78	423
Éter etílico	- 45	35	180
Acetona	- 18	—	538
Gasolina	-43	40 – 205 (depende da composição da mistura)	280

Tabela 2 – Ponto de Fulgor, ponto de combustão e ponto de ignição de alguns produtos químicos.

Tóxicos

São os que oferecem um elevado risco de envenenamento por inalação, absorção cutânea ou ingestão. Exemplos: benzeno, mercúrio e tetracloreto de carbono.

O seu armazenamento deve ser separado do dos reagentes inflamáveis. Reagentes que formem compostos tóxicos em contacto com a humidade devem ser protegidos desta. Devem ser armazenados longe dos ácidos os reagentes que em contacto com eles formem substâncias tóxicas.

Explosivos

São os que, devido ao choque, impacto ou à exposição ao calor, podem explodir. Incluem-se nesta categoria o perclorato de magnésio, o dicromato de amónio e os peróxidos.

O armazenamento destes reagentes deve ser feito em local isolado das restantes áreas.

Oxidantes

São os que podem iniciar uma reacção de combustão. São exemplos os óxidos, peróxidos, nitratos, cloratos, percloratos, cromatos, dicromatos e permanganatos.

Não devem ser armazenados junto dos reagentes combustíveis.

Corrosivos

São os que destroem os tecidos vivos. Incluem-se nesta categoria a maior parte dos ácidos.

O seu armazenamento deve ser feito em local fresco.

Sensíveis à água

São os que reagem com a água libertando gases e calor. Exemplos: o sódio, o potássio e os hidretos metálicos.

Estes reagentes devem ser armazenados em local seco

Gases comprimidos

São gases não liquefeitos sob pressão, tais como oxigénio e azoto, e gases liquefeitos ou dissolvidos sob pressão, tais como propano e acetileno.

Os recipientes que os contêm devem estar fora do laboratório, assentes em suportes próprios ou fixos à parede ou bancada com cadeados. A sua deslocação deve ser feita em carrinhos adequados ao efeito.

3.2.2. Perigos Físicos

São exemplos de perigos físicos associados aos produtos químicos, as radiações das espécies radioactivas, queimaduras que o gelo pode causar, superfícies quentes, o uso de anéis, pulseiras, cabelos compridos, calçado aberto, etc. Para todos eles são óbvias as precauções a tomar.

3.3. Aspectos Legais da Segurança

Os estudos realizados sobre este tema reconhecem que, embora a legislação sobre Segurança em Portugal tenha vindo a sofrer alterações significativas devido,

principalmente, à sua entrada na União Europeia, ainda não existe legislação comunitária específica relativamente aos laboratórios de ensino sendo a existente mais direccionada para a indústria.

A Comissão Europeia desenvolveu um conjunto de directrizes práticas, de carácter não obrigatório, sobre a protecção da saúde e da segurança dos trabalhadores ligados à exposição a agentes químicos que a seguir apresentamos e que poderão ser úteis à falta de outras que, eventualmente ainda venham a surgir. Mendes (2007)

3.3.1. Definições

Agente químico

Qualquer elemento ou composto químico, só ou em misturas, quer se apresente no seu estado natural quer seja produzido, utilizado ou libertado, inclusivamente libertado como resíduo, por uma actividade laboral, quer seja ou não produzido intencionalmente e comercializado.

Agente químico perigoso

Qualquer agente químico classificado como substância perigosa de acordo com os critérios constantes do anexo VI da Portaria n.º 732-A/96, de 11 de Dezembro (1.ºSupl.), quer a substância esteja ou não classificada ao abrigo deste diploma, e que não faça parte das substâncias que só preenchem os critérios que as classificam como perigosas para o ambiente, ou, qualquer agente químico classificado como preparado perigoso na acepção do Decreto-Lei n.º 82/2003, de 23 de Abril, quer o preparado esteja ou não classificado ao abrigo deste diploma e que não faça parte dos preparados que só preenchem os critérios que os classificam como perigosos para o ambiente, ou, qualquer agente químico que, embora não preencha os critérios que o classificam como perigoso

nos termos dos parágrafos anteriores possa, devido às suas propriedades físico-químicas, químicas ou toxicológicas e à forma como é utilizado ou está presente no local de trabalho, apresentar riscos para a segurança e a saúde dos trabalhadores, incluindo qualquer agente químico que esteja sujeito a um valor - limite de exposição profissional.

É importante salientar que não são só as propriedades toxicológicas ou físico-químicas dos agentes químicos que conduzem à sua classificação como perigosos para os efeitos da legislação aplicável. Na realidade, e conforme mencionado no último parágrafo, a temperatura ou a pressão a que o agente se encontre, a sua capacidade para deslocar o oxigénio ou a forma física em que é utilizado ou manipulado constituem igualmente características de perigosidade.

Assim, o vapor de água pode representar um risco se se encontrar, por exemplo, a 150°C, do mesmo modo que um sólido inerte sob a forma de um pó respirável (alguns Estados-Membros têm um valor-limite de exposição profissional para este caso, como partículas não classificadas de outra forma).

De acordo com esta definição e com as definições anteriores, tanto as propriedades intrínsecas do agente químico (propriedades toxicológicas e físico-químicas) como a forma em que é utilizado ou se encontra presente no local de trabalho constituem a perigosidade do agente químico quando tiverem potencial para provocar danos.

Perigo

Propriedade intrínseca de um agente químico com potencial para provocar danos.

Assim, tanto as propriedades intrínsecas do agente químico (propriedades toxicológicas e físico-químicas) como a forma em que é utilizado ou se encontra

presente no local de trabalho constituem a perigosidade do agente químico quando tiverem potencial para provocar danos.

Risco

Possibilidade de que o potencial para provocar danos se realize nas condições de utilização e/ou exposição.

Na valoração do risco intervêm pois duas variáveis: o dano e a probabilidade da sua realização. Por conseguinte, deve conhecer-se não só a perigosidade intrínseca do agente mas também as condições de utilização e manipulação, incluindo as medidas de protecção e prevenção existentes.

Assim, pode afirmar-se que, perante a presença de ácido sulfúrico numa empresa, existirá sempre perigo. No entanto, pode falar-se de um nível de risco quase inexistente se o ácido sulfúrico se encontrar acondicionado em recipientes de segurança estanques, se o processo for fechado, etc.

Exposição a agentes químicos

Qualquer situação laboral em que se verifique a presença de um agente químico e em que este entre em contacto com um trabalhador, normalmente pela via cutânea ou inalação.

Acidente com agentes químicos

Acontecimento anormal durante o trabalho que se apresenta de forma repentina e inesperada e que provoca uma exposição brusca dos trabalhadores a agentes químicos ou à energia por eles libertada.

3.3.2. Mecanismos de geração dos danos provocados por agentes químicos

Os agentes químicos podem causar danos no organismo humano quer directamente quer gerando alguma forma de energia que possa ter um efeito prejudicial para a saúde humana.

No primeiro caso, para que um agente químico possa causar danos directamente no organismo humano é condição necessária (mas não suficiente) que as suas moléculas entrem em contacto com alguma parte do corpo.

O dano pode manifestar-se de forma rápida ou mesmo imediata após o contacto (efeito agudo), ou revelar-se a longo prazo, normalmente na sequência de uma exposição repetida ao longo do tempo (efeito crónico).

Por outro lado, o dano pode sobrevir no ponto de contacto entre o agente químico e o organismo (pele, tracto respiratório, tracto gastrointestinal), caso em que se fala de efeito local, ou então manifestar-se, após um processo de absorção e distribuição pelo organismo, em pontos independentes daqueles onde se produziu o contacto (efeitos sistémicos). Como exemplos de efeitos locais pode citar-se a irritação respiratória produzida pela inalação de amoníaco ou a queimadura da pele produzida por contacto com ácido sulfúrico; os efeitos sistémicos podem ser os danos hepáticos produzidos pela inalação de determinados solventes ou os danos a nível neurológico decorrentes da inalação de vapores de mercúrio.

No segundo caso, o dano é produzido pela energia gerada pela combustão ou explosão de agentes químicos que tenham capacidade para originar este tipo de fenómeno.

Os incêndios nos locais de trabalho podem causar danos graves para os trabalhadores, especialmente se não tiverem sido adoptadas medidas de emergência adequadas e quase sempre causam danos importantes ao património da empresa.

As explosões dão-se quando se produz uma reacção brusca de oxidação ou de decomposição, dando origem a um aumento da temperatura, da pressão ou de ambas em simultâneo. Dado o seu carácter praticamente instantâneo, as explosões têm normalmente efeitos muito graves tanto para as pessoas como para os bens materiais.

3.3.3. Enquadramento Legal

Em matéria de exposição a agentes químicos perigosos, rege em primeira linha a Directiva 98/24/CE, do Conselho, de 7 de Abril, relativa à protecção da segurança e saúde dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes químicos no trabalho, transposta para o direito nacional pelo Decreto-Lei n.º 290/2001, de 16 de Novembro.

Existem contudo outros quadros legislativos que complementam o regime legal do Decreto-Lei 290/2001, e que se podem agrupar nos seguintes blocos:

Em matéria de identificação de Agentes Químicos Perigosos

Decreto-Lei n.º 82/95, de 22 de Abril e Portaria n.º 732-A/96, de 11 de Dezembro (1.º Supl.), e posteriores alterações, sobre classificação, embalagem e rotulagem de substâncias perigosas (Fichas de Dados de Segurança).

Decreto-Lei n.º 82/2003, de 23 de Abril, sobre classificação, embalagem e rotulagem de preparações perigosas (Fichas de Dados de Segurança).

Em matéria de segurança química

Decreto-Lei n.º 164/2001, de 23 de Maio, que aprova o regime jurídico da prevenção e controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvem

substâncias perigosas, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 96/82/CE, do Conselho, de 9 de Dezembro.

Decreto-Lei n.º 112/96, de 5 de Agosto e Portaria n.º 341/97, de 21 de Maio sobre aparelhos e sistemas de protecção destinados a ser utilizados em atmosferas potencialmente explosivas

Decreto-Lei n.º 236/2003, de 30 de Setembro, relativo às prescrições mínimas destinadas a promover a melhoria da protecção da segurança e da saúde dos trabalhadores susceptíveis de serem expostos a riscos derivados de atmosferas explosivas.

Em matéria de trabalhos com determinados Agentes Químicos Perigosos

Decreto-Lei n.º 284/89, de 24 de Agosto e posteriores alterações relativo à protecção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos durante o trabalho.

Decreto-Lei n.º 301/2000, de 18 de Novembro, sobre a protecção dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos durante o trabalho.

3.3.4. Identificação e avaliação dos riscos derivados da presença de agentes químicos no local de trabalho

Os agentes químicos presentes no local de trabalho podem originar riscos para a saúde ou a segurança dos trabalhadores devido aos seguintes factores:

- As propriedades perigosas (físico-químicas ou toxicológicas) que possuem (por exemplo: produto explosivo ou sensibilizante);
- A temperatura ou a pressão a que se encontram no local de trabalho (por exemplo: vapor de água a 150°C);
- A sua capacidade para deslocar o oxigénio atmosférico no local de trabalho (por exemplo: gás inerte a alta pressão);
- A forma em que estão presentes no local de trabalho (por exemplo: sólido inerte em forma de pó respirável).

Assim, para se determinar a capacidade de, no local de trabalho, se originarem riscos devido à presença de agentes químicos, torna-se necessário conhecer as suas propriedades perigosas, bem como a forma como são utilizados ou estão presentes.

A informação sobre as propriedades perigosas dos agentes químicos presentes no local de trabalho, primeiro passo para a avaliação desses riscos, pode ser obtida a partir do rótulo, das fichas de dados de segurança e dos valores-limite de exposição profissional.

Rótulo

De acordo com a legislação relativa à classificação, embalagem, rotulagem e sistema de informação específica sobre substâncias e preparações (que designaremos como produtos químicos), todos os recipientes de produtos químicos perigosos devem estar rotulados de acordo com um modelo definido. Só não será aplicado o referido rótulo se o produto for fornecido a granel (no entanto, se o produto for transportado disporá de uma rotulagem específica para o transporte).

O conteúdo do rótulo (ver figura) permite obter as seguintes informações:

- Identificação do produto químico;
- Identificação do fabricante ou fornecedor;
- Perigosidade intrínseca do produto derivada das suas propriedades ou efeitos, que inclui os seguintes dados:
- Classificação do produto de acordo com as categorias de perigosidade definidas. Esta classificação é indicada através de uma combinação de símbolos e indicações de perigo de acordo com a correspondência indicada no quadro sobre classificação, símbolos e indicações de perigo.

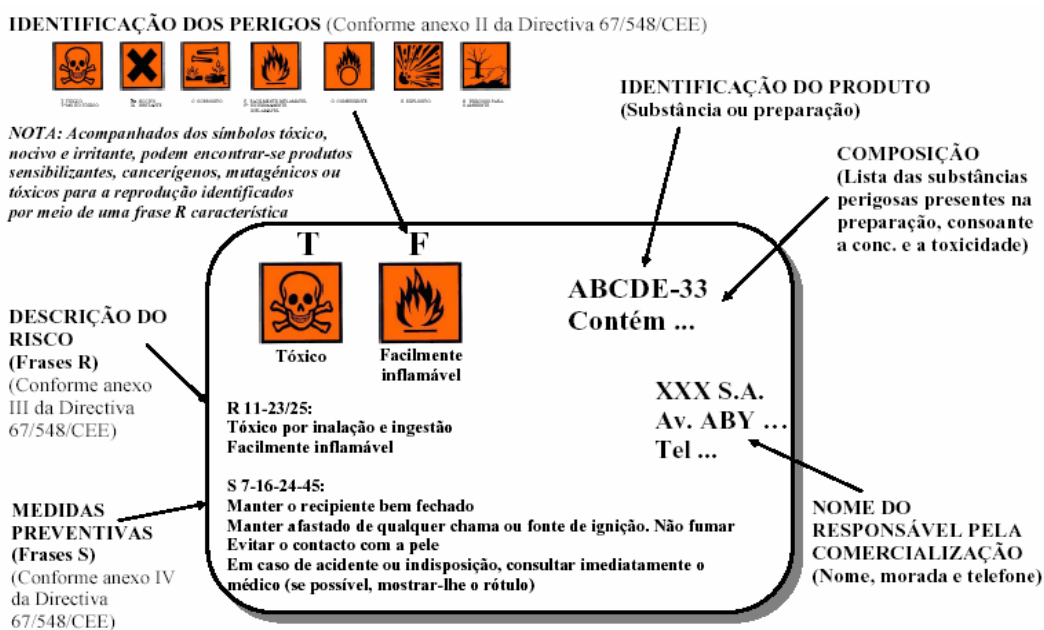


Figura 3 – Exemplo de informação contida num Rótulo



















Decreto-Lei n.º 82/95, de 22 de Abril, Portaria n.º 732-A/96, de 11 de Dezembro

(1.º Supl.), e Decreto-Lei n.º 82/2003, de 23 de Abril.

Frases R de risco atribuídas ao produto com base na lista incluída na legislação em vigor. Estas frases descrevem os efeitos do produto sobre a saúde humana, sobre o meio

ambiente ou as suas características perigosas para a segurança, e constituem um dado fundamental a ter em conta na avaliação de riscos; (ver anexo 1)

Frases **S** de segurança atribuídas ao produto com base na lista incluída na legislação em vigor. Constituem conselhos de prudência a ter em conta no manuseamento do produto. (ver anexo 2)

Propriedades ou efeitos	Categorias de perigo	Identificação	Propriedades ou efeitos	Categorias de perigo	Identificação
Físico-químicas	Explosivos	 E EXPLOSIVO	Efeitos específicos sobre a saúde	Cancerígenos	Cat. 1 e 2  R45 ou R49
	Comburentes	 O COMBURENTE			Cat. 3  R40
	Extremamente inflamáveis	 F+ EXTREMAMENTE INFLAMÁVEL		Mutagénicos	Cat. 1 e 2  R46
	Facilmente inflamáveis	 F FACILMENTE INFLAMÁVEL			Cat. 3  R68
	Inflamáveis	R10		Tóxicos para a reprodução	Cat. 1 e 2  R60, R61
Toxicológicas	Muito tóxicos	 T+ MUITO TÓXICO			Cat. 3  R62, R63
	Tóxicos	 T TÓXICO	Efeitos sobre o ambiente	Perigosos para o ambiente	R52, R53, R59*  N PERIGOSO PARA O AMBIENTE
	Nocivos	 N NOCIVO			
	Corrosivos	 C CORROSIVO			
	Irritantes	 R IRRITANTE			
	Sensibilizantes	Por inalação  R42			
		Em contacto com a pele  R43			

* Neste caso, podem utilizar-se indistintamente as frases R ou pictograma

Figura 4 - Classificação, símbolos e indicações de perigo

Fichas de dados de segurança

A ficha de dados de segurança complementa o rótulo, fornecendo informações que podem não constar deste.

De acordo com a legislação acima indicada, o fornecedor de um agente químico perigoso, embalado ou a granel, deve facultar ao utilizador profissional uma ficha de dados de segurança relativa ao produto fornecido.

O objectivo da ficha é informar de forma eficaz e suficiente o utilizador profissional sobre a perigosidade do produto para a saúde, a segurança e o ambiente, e permitir-lhe avaliar os riscos que a utilização desses agentes pode acarretar para os trabalhadores.

Estas fichas devem ser redigidas na língua do país onde se efectua o fornecimento e têm de estar datadas. O seu conteúdo deverá ser actualizado à medida que forem sendo disponibilizados novos dados e as alterações introduzidas deverão ser comunicadas ao destinatário.

De acordo com o seu objectivo, o conjunto da informação contida na ficha é essencial para uma análise eficaz dos perigos associados a um determinado produto. Por esta razão, é a primeira fonte de informação para realizar a avaliação dos riscos derivados da presença de agentes químicos no local de trabalho.

A extensa informação contida nas fichas de dados de segurança deve seguir o modelo definido na legislação aplicável e estar agrupada de acordo com as 16 rubricas a seguir indicadas.

- Identificação da substância/preparação e da sociedade/empresa.
- Composição/informação sobre os componentes.
- Identificação de perigos.
- Primeiros socorros.
- Medidas de combate a incêndios.
- Medidas a tomar em caso de fugas acidentais.
- Manuseamento e armazenagem.
- Controlo da exposição/protecção individual.
- Propriedades físicas e químicas.
- Estabilidade e reactividade.
- Informação toxicológica.
- Informação ecológica.
- Questões relativas à eliminação.
- Informações relativas ao transporte.
- Informação sobre regulamentação.
- Outras informações.

No quadro seguinte apresenta-se um resumo das diferentes acções que pode comportar uma gestão adequada das fichas de dados de segurança. Essas acções têm vários objectivos:

- Criar e manter um registo actualizado das fichas correspondentes aos diversos produtos químicos utilizados na empresa, mantendo para o efeito o necessário contacto com os fornecedores, inclusivamente para obter informação necessária sobre produtos relativamente aos quais não se dispõe de fichas;

- Comparar a informação contida nas fichas com a dos rótulos dos produtos químicos e as condições da sua utilização na empresa, sempre que se trate de uma nova ficha ou de uma nova versão;
- Utilizar a informação contida nas fichas nas avaliações de risco no local de trabalho, assim como nas acções que sejam decididas relativamente formação e informação de trabalhadores, instruções de segurança e procedimentos de emergência;
- Colocar as fichas à disposição dos serviços de medicina do trabalho para serem utilizadas em ligação com as avaliações de riscos e a vigilância da saúde;
- Manter as fichas à disposição dos trabalhadores ou seus representantes.

Valores-limite de exposição

Os valores-limite de exposição profissional constituem parâmetros de referência específicos aplicáveis para a avaliação dos riscos derivados da exposição a agentes químicos nos locais de trabalho.

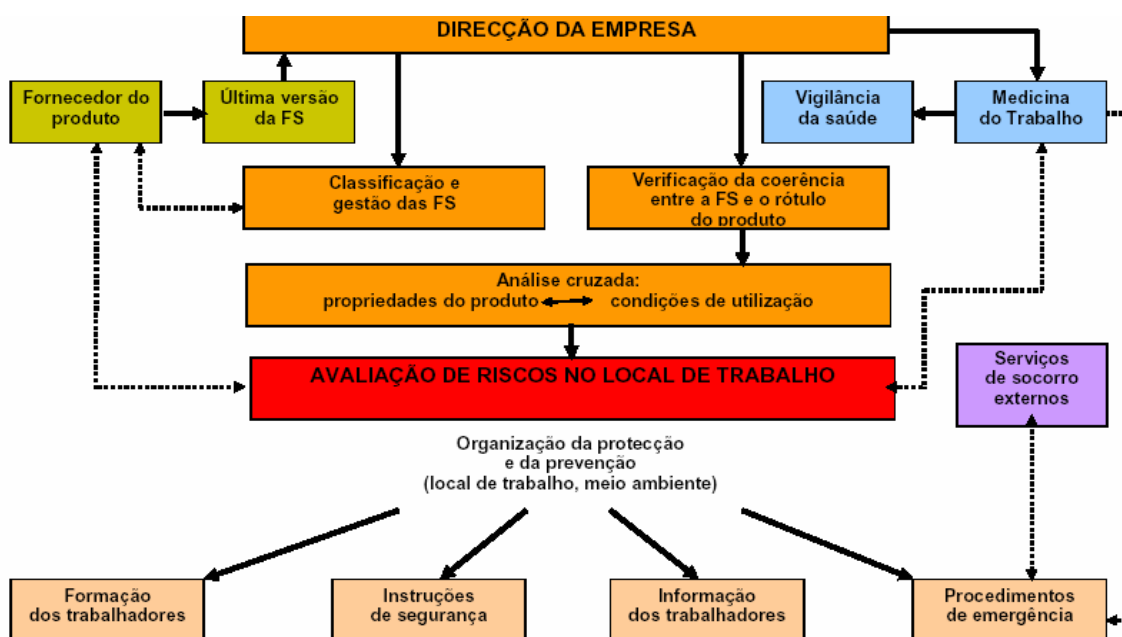


Figura 4 – resumo das diferentes acções que pode comportar uma gestão adequada das fichas de dados de segurança

Os valores-limite podem subdividir-se em dois tipos, dependendo da forma como foram obtidos: tendo em conta critérios exclusivamente de saúde ou então tendo em conta, além disso, critérios de viabilidade. No primeiro caso trata-se de valores de referência para assegurar a saúde dos trabalhadores. No segundo caso, que inclui os limites dos agentes genotóxicos (cancerígenos e mutagénicos), são referências para os níveis de risco que não devem ser ultrapassados em nenhum momento. As listas de valores-limite devem distinguir, inequivocamente estes dois tipos de valores.

Todos os estados membros da EU devem possuir a sua própria lista nacional de valores - limite de exposição e de valores - limite biológicos conforme previsto na Directiva 98/24/CE. Os valores - limite a utilizar em cada país para efeitos de avaliação dos riscos serão os que figurarem na referida lista, e de verão ser aplicados de acordo com a sua natureza.

3.4. O Ensino da Segurança aos alunos

3.4.1. Riscos versus Benefícios

É importante motivar os alunos para o cumprimento das normas de segurança durante as aulas de química. Como sabemos qualquer actividade humana implica sempre um certo risco ou um certo perigo. Devemos ser prudentes, minimizando a probabilidade de perigo tomando as devidas precauções. “Muitas vezes sem nos darmos conta, tomamos decisões que ponderam o risco versus benefício: vou tomar banho porque os benefícios do banho ultrapassam o risco de escorregar, cair, e partir o pescoço na banheira”. Young (2001)

É responsabilidade do professor ponderar os riscos e os benefícios inerentes ao trabalho no laboratório. Os professores não se devem livrar da responsabilidade de envolver os alunos nas decisões desse mesmo trabalho. Têm que lhes ensinar o processo de avaliação dos riscos e benefícios, e apelar à sua criatividade para que contribuam na minimização dos riscos. Young (2001)

Para se ter um laboratório seguro é necessário informar os alunos dos perigos e das precauções envolvidas nas várias tarefas. Discutir com eles estes assuntos. Encorajar a sua participação. Guiar as discussões no sentido das atitudes correctas para o trabalho seguro. Ficarão mais capacitados para aprender como trabalhar em segurança, desenvolver o seu sentido de responsabilidade e de bons hábitos para o correcto e seguro manuseamento dos produtos químicos e até podem dar algumas ideias sobre como equilibrar riscos e benefícios.

3.4.2. Registo de acidentes/incidentes

Se acontecer algum incidente/acidente, ainda por menor que seja, poderá ser utilizado para melhorar a segurança no laboratório, mais uma vez, através da participação do aluno.

Alguns professores preferem usar um formato pré-definido de relatório de incidentes/acidentes. “Todo o relatório de acidente, quer esteja num estilo formatado quer num estilo livre, deve conter, nas palavras do aluno, uma frase curta ou um parágrafo sobre o tópico: “Como é que eu poderia ter evitado este acidente”. Repare-se no ênfase individual, “Como é que *EU*”, e não outra pessoa, poderia ter evitado esta ocorrência”. Young (2001)

Todos os acidentes que ocorrem num laboratório devem ser investigados, a fim de se saber como evitar situações idênticas no futuro.

Para cada situação deve ser elaborado um relatório que contenha as seguintes informações:

Indicação pormenorizada do local do acidente. Caso este ocorra numa aula prática, deve ser anotada:

- A identificação do (a) professor(a) responsável.
- Identificação das pessoas directa ou indirectamente envolvidas.
- Data e hora em que ocorreu o acidente
- Descrição dos factos que originaram o acidente e medidas tomadas.
- Se tiver havido ferimentos, deve ser indicada a zona do corpo afectada, natureza e extensão dos mesmos, tipo de primeiros-socorros prestados e nome de quem os prestou.
- Se tiver havido incêndio, deve ser feita indicação do modo como foi extinto esse foi pedida assistência ao corpo de bombeiros.
- Se tiver havido danos materiais, devem ser referidos o tipo e a extensão dos prejuízos.

3.4.3. Preparar um guia de Segurança

Por tudo o que foi dito anteriormente se compreende como é difícil elaborar um guia sobre segurança. Os itens mais úteis encontrados nos guias de segurança estão relacionados com os seguintes itens:

- Hábitos de Trabalho
- Vestuário de Segurança
- Instalações e Equipamento
- Aquisição, utilização e armazenagem de produtos químicos
- Substituições

Depois de desenvolvidos estes tópicos a lista nunca estará completa. Deve-se ter o cuidado de ir acrescentando ou alterando o guia de acordo com a experiência adquirida de modo a torná-lo o mais exaustivo possível.

Capítulo 4 - Resíduos de aulas experimentais: que fazer?

4.1. A Utilização de produtos químicos nas escolas

A realização de actividades experimentais facilita a aprendizagem dos conceitos científicos. No ensino da Química, a vivência de situações reais é muito importante para compreender e relacionar os diversos conteúdos. O ensino Secundário com actividades experimentais adequadas, incluindo os aspectos relacionados com a gestão dos resíduos químicos, preparará melhor o aluno especialmente para o exercício de profissões técnicas relacionadas com a preservação do ambiente. (Cursos Profissionais de Química Ambiental, por exemplo).

Entre os resíduos sólidos comuns encontrados nos laboratórios destacam-se: papéis, algodão, luvas, embalagens de plástico e de papelão, frascos de vidro vazios de reagentes e cacos de vidros. Porém, os resíduos químicos laboratoriais fazem parte de outra classe de materiais. O seu tratamento e a viabilidade de reutilização em actividades didácticas devem ser considerados. Actualmente, em várias publicações estrangeiras podemos encontrar experiências voltadas para a gestão dos resíduos químicos gerados nos laboratórios das universidades, que podem fornecer contributos importantes a outras instituições de ensino, incluindo as escolas secundárias.

Ao longo dos anos, os químicos preocuparam-se mais em obter resultados do que em eliminar, de maneira correcta, os resíduos químicos originados nas suas experiências. Este comportamento tem vindo a mudar com a preocupação de podermos deixar um mundo habitável para as gerações futuras. A implementação de uma política interna de gestão de resíduos nas escolas é uma das maneiras de despertar no aluno a

percepção do seu envolvimento com o tema e promover um comportamento diferenciado e socialmente correcto.

Muitos investigadores na área do Ensino da Química, têm demonstrado a viabilidade do desenvolvimento de actividades experimentais sobre a gestão dos resíduos químicos produzidos, sugerindo tratamentos para o descarte final, adequando o ensino experimental à preservação do ambiente. Os dirigentes e docentes das escolas públicas e privadas devem investir nessa gestão, adaptando-o às realidades e necessidades da sua instituição.

Nos protocolos planeados para as actividades laboratoriais, a escolha e o manuseamento adequado dos produtos químicos contribuem para a optimização da utilização dos reagentes, para que estes não se tornem resíduos.

Em Portugal, “o tratamento de resíduos químicos de laboratórios escolares é um tema que tem sido muito menosprezado em termos de regulamentos, manuais escolares e legislação” Quádrio (2006). No estudo desenvolvido por este mesmo autor, foi feita uma listagem, com base na análise dos programas, com o fim de obter informação sobre os reagentes utilizados nos trabalhos práticos dos programas nacionais.

Nesta listagem destacam-se “produtos que apresentam alta perigosidade, nomeadamente, ácido fenol-dissulfónico, ácido pícrico, anidrido acético, benzeno, benzofenona, cloro, clorofórmio, dicromato de potássio, fenol, formol, metanol, acetato de uranilo, sulfato de quinino, tetracloreto de carbono, entre outros, que continuam ainda acumulados nas escolas e para os quais têm aparecido recentemente nas Directivas Internacionais fortes recomendações no sentido de serem retirados das escolas este tipo de reagentes” Quádrio (2006).

Embora os últimos programas já demonstrem um certa preocupação sobre estes assuntos, introduzindo a utilização da micro-escala nas aulas experimentais, no entanto muito ainda terá que ser feito e muitas modificações terão que ser introduzidas neste âmbito.

É consensual, entre os professores de química dos diferentes níveis de ensino, a importância que a experimentação desempenha no processo de ensino - aprendizagem.

“A aula experimental em Química pode ser considerada uma estratégia pedagógica dinâmica que tem a função de levantar problemas, discussões, colocar questões e procura dar respostas e explicações para os fenómenos observados, possibilitando a evolução do aspecto fenomenológico (macroscópico) observado para o teórico (microscópico), e chegando, por consequência, ao representativo”.

Entre as diferentes substâncias manuseadas em aulas de Química, encontram-se aquelas classificadas como perigosas por apresentarem características de inflamabilidade, corrosividade, reactividade ou toxicidade. Quando são utilizadas em aulas experimentais, podem transformar-se em materiais que, em função de seu carácter tóxico e dos potenciais danos para o ambiente, não devem ser descartados no lixo comum ou em redes de esgoto. Por isso, os resíduos devem ser recuperados para reutilização ou descartados de forma adequada.

Uma aula experimental de Química, por gerar produtos perigosos, é uma actividade potencialmente poluidora. Para diminuir esse problema, durante o seu planeamento, deve-se avaliar e reconhecer os riscos e os perigos dos produtos químicos que serão manuseados, bem como dos resíduos produzidos durante a mesma. Caberá ao professor encontrar formas de minimizar a quantidade dos resíduos gerados nas aulas experimentais, bem como planear a recuperação ou o seu descarte. Além disso, é importante que debata com os alunos a necessidade de se eliminarem, correctamente, resíduos perigosos. Nesse debate, é oportuna a discussão dos problemas ambientais e de saúde pública causados pela poluição, abordando a aplicação responsável dos conhecimentos científicos, a relevância do planeamento na prevenção de impactos negativos gerados pelo progresso e a necessidade de se modificarem atitudes. É imprescindível discutir com os alunos como as acções de cada indivíduo podem influenciar, de forma positiva ou não, as questões ambientais. Apesar de um único indivíduo não conseguir mudar

aspectos tão amplos, pode ser o catalisador das mudanças de concepções que conduzem às transformações desejáveis.

As aulas experimentais devem ser planeadas, reduzindo-se ao máximo possível a escala dos processos laboratoriais. Entre os benefícios alcançados com a diminuição de escala, pode-se destacar: a redução da poluição, o nível de exposição aos materiais ou substâncias perigosas, o tempo reaccional, os riscos e o grau de gravidade dos acidentes, o volume de resíduos produzidos e o custo das experiências.

Deve-se dar preferência a experiências cujos resíduos possam, posteriormente, ser úteis noutras actividades experimentais. Entretanto, se não for possível a reutilização, o material deve ser tratado e só poderá ser descartado, no esgoto ou no lixo comum, caso obedeça a padrões de segurança e esteja de acordo com as condições e exigências dispostas na legislação ambiental, seja de âmbito municipal, nacional ou da União Europeia.

Esta actividade é muito importante, pois além de ensinar ciências, ajuda a despertar a responsabilidade sócio-ambiental e a promover o desenvolvimento de uma consciência ética. Essas acções contrariam a prática comum e não sustentável de lançar na rede de esgoto ou no lixo qualquer resíduo produzido em aulas experimentais.

Para consolidar as práticas de minimização, o professor deverá seguir alguns critérios de utilização racional, segura e ambientalmente adequada de produtos químicos. A teoria dos 4R's (Reduzir, Reutilizar, Reciclar e Recuperar) insere-se perfeitamente nessa proposta para inserir a Educação Ambiental nas aulas de Química. Para minimizar a produção de resíduos químicos, é recomendável:

- Reduzir as fontes geradoras de poluição, diminuindo os volumes e as concentrações dos reagentes químicos;
- Utilizar produtos que causem menor impacto ambiental, incluindo a saúde dos indivíduos;
- Reutilizar, recuperar e reciclar, sempre que possível, os resíduos químicos, preservando os recursos naturais;

- Planear a aquisição de produtos químicos em pequenas quantidades, evitando deterioração e acumulação destes no laboratório, aumentando os riscos de derramamentos e de incêndios;
- Controlar o “stock” de produtos químicos por meio de inventário, das suas condições de armazenagem e da integridade dos seus rótulos;
- Evitar a obtenção e o uso de substâncias de elevada toxicidade como, por exemplo, benzeno, tolueno, clorofórmio, formaldeído, tetracloreto de carbono ou sais contendo iões de mercúrio, chumbo, crómio, cádmio, níquel, bário, arsénio, ósmio, cianetos etc.;
- Não aceitar doações de produtos químicos que não estejam nos planos de utilização e que se possam transformar em resíduos;
- Doar ou trocar com outras instituições produtos químicos excedentes ou que não sejam mais utilizados no laboratório, antes que estes se tornem instáveis, reactivos ou até explosivos;
- Alterar experiências que não se enquadrem nessa proposta, substituindo reagentes químicos sem prejudicar a compreensão das relações conceptuais exploradas (exemplos: em algumas reacções de oxidação, usar o hipoclorito de sódio em vez do dicromato de sódio; utilizar vinagre e amónia em substituição dos ácidos e das bases convencionais; empregar hidróxido de sódio para precipitar metais em vez de sulfuretos; substituir termómetros de mercúrio pelos de álcool; substituir sais de metais tóxicos por sais que provoquem pouco ou nenhum impacto - por exemplo: substituir cloreto de bário, BaCl_2 , por cloreto de cálcio, CaCl_2 , na identificação do ião sulfato, e substituir o iodeto de chumbo, PbI_2 , por carbonato de cálcio, CaCO_3 , como modelo de reacção de precipitação).

Mesmo seguindo estas recomendações, num laboratório escolar, há sempre produção de resíduos que necessitam ser tratados para disposição final. Nesse caso, é necessário observar os seguintes procedimentos:

- Não misturar materiais perigosos com não-perigosos (por exemplo: soluções aquosas com resíduos orgânicos; soluções contendo metais tóxicos com aquelas que não os contêm), já que terão destinos diferenciados;
- Não misturar solventes orgânicos não halogenados com halogenados, visto que poderão ser tratados de formas distintas
- Respeitar a incompatibilidade entre resíduos perigosos não os juntando no mesmo recipiente;
- Colectar os resíduos em recipientes limpos, compatíveis, em bom estado e com tampas ajustadas adequadamente; (Anexo 9)
- Rotular os recipientes conforme os seus conteúdos e riscos. Cada rótulo deve indicar claramente: a composição química aproximada, os nomes das substâncias que contêm, concentrações, riscos físicos e para a saúde, a procedência (laboratório de origem), o nome do responsável pelo laboratório e a data da colecta;
- Armazenar correctamente os recipientes até ao descarte, respeitando possíveis incompatibilidades entre os seus conteúdos; (Anexo 7)
- Não encher os recipientes além de 2/3 das suas capacidades, devido à possibilidade de se produzirem gases, o que acarretaria riscos de derramamento do material;
- Ao utilizar sacos plásticos como recipientes primários, usar outro recipiente rígido, como plástico ou caixa de papelão, para embalar;
- Redobrar os cuidados com a segurança dos indivíduos que manuseiam resíduos, utilizando os equipamentos de protecção individual e colectiva imprescindíveis à actividade.

A adequada disposição final de resíduos perigosos pode ser feita por meio de incineração, co-processamento ou envio para aterros industriais. No entanto, isso geralmente tem um custo elevado. Dessa forma, é mais razoável programar actividades experimentais que utilizem materiais que possam ser reutilizados ou reciclados, sem a necessidade de serem encaminhados para disposição fora da escola.

Os materiais identificados e pouco poluentes podem ser dispostos no lixo (sólido) ou na rede de esgoto (soluções), desde que em pequenas quantidades, baixas concentrações e toxicidade e atendendo aos limites estabelecidos pelas legislações ambientais. Dessa forma, podem ser descartadas substâncias formadas pela combinação dos iões representados na tabela seguinte.

Catiões	Aniões
H^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Li^+ , Sn^{2+} , Sr^{2+} , Ti^{2+} e NH_4^+ .	BO_3^{3-} , $B_4O_7^{2-}$, Br^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , HSO_3^- , OH^- , I^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e CH_3COO^- .

Tabela 3 – Iões de baixa toxicidade para o ambiente quando em pequenas quantidades.

No caso de esses iões formarem ácidos e bases deve-se, antes do descarte, ajustar o pH das soluções para valores compreendidos entre 6,0 e 8,0.

Algumas substâncias orgânicas, desde que em pequenas quantidades, até 4 átomos de carbono e diluídas em água a 10% ou menos, também podem ser descartadas no lixo comum ou esgoto. Citam-se entre elas os alcoóis, cetonas, aminas, aldeídos, éteres, nitrilos, ésteres e ácidos, além dos açúcares como dextrose, frutose, glicose e sacarose (University of Wiscosin, 2002). Em todos esses casos, impõe-se a necessidade de se diluir, em grande volume de água antes da sua eliminação. As instituições de ensino caracterizam-se por produzir pequenas quantidades de resíduos, apesar da grande

diversidade e que, na maioria das vezes, se encontram dentro dos limites impostos pela legislação sobre o descarte em redes de esgoto.

Entretanto, essa forma de descarte só deve ser utilizada após a minimização da geração dos resíduos, do seu reaproveitamento noutras actividades experimentais ou da sua devida inertização.

Da mesma forma, existem materiais ou substâncias cujas restrições para lançamento são mais limitativas pelo seu elevado carácter tóxico, e outras que não podem mesmo ser lançadas na rede de esgoto, entre as quais citamos, por exemplo:

Solventes inflamáveis

acetona, benzeno, éter etílico, tolueno, xileno e acetonitrilo;

solventes halogenados

clorofórmio tetracloreto de carbono, dicloroetano e tricloroetano;

substâncias tóxicas:

fenóis, hidrazinas, cianetos, sulfuretos, formamida e formaldeído;

soluções contendo íões de metais tóxicos:

(Berílio (Be), mercúrio (Hg), cádmio (Cd), bário (Ba), arsénio (As), crómio (Cr) chumbo, (Pb), ósmio (Os), selénio (Se), tálio (Tl) e vanádio (V), a menos que em concentrações permitidas por lei [exemplos: mercúrio = 0,01 mg/L; crómio (VI) = 0,5 mg/L; chumbo = 1,5 mg/L; cádmio = 0,1 mg/L].

Como tais valores são muito baixos, a melhor atitude é não utilizar soluções contendo estes metais.

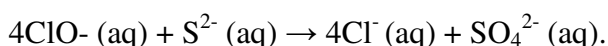
Alguns desses resíduos químicos mais comuns encontrados nos laboratórios do Ensino Básico e Secundário podem ser facilmente tratados e adequadamente descartados, quando em pequenas quantidades e de acordo com a legislação. Entre esses, destacamos:

Ácidos e bases inorgânicas (isentos de metais tóxicos)

Devem ser neutralizados ($6,0 < \text{pH} < 8,0$) e diluídos antes de serem lançados no esgoto;

Soluções salinas contendo catiões

Que podem ser precipitados como hidróxidos, carbonatos, sulfatos e até sulfuretos. Não se devem utilizar os sulfuretos como anião precipitante pela sua toxicidade. Entretanto, se for utilizado, o sulfureto residual deve ser oxidado a sulfato com hipoclorito de sódio:



Os líquidos sobrenadantes podem ser lançados na rede de esgoto, desde que as concentrações atendam aos limites permitidos por lei. Os precipitados obtidos podem ser separados por filtração e, se possível, reutilizados.

Materiais sólidos contendo os metais tóxicos citados anteriormente devem ser encaminhados para disposição final em aterros industriais.

Devido às dificuldades relacionadas com a análise de concentrações e descarte de resíduos potencialmente tóxicos, a melhor atitude a ser tomada em práticas de laboratório nos Ensinos Básico e Secundário é não utilizar produtos poluentes.

4.2. A Gestão dos Resíduos nas Instituições de Ensino

Uma grande quantidade de produtos químicos introduzidos no meio ambiente é gradualmente degradada e assimilada por processos naturais, uma vez que esses produtos podem ser diluídos o suficiente para não causar riscos ao homem e ao meio ambiente. Entretanto, há duas classes de produtos químicos em que a diluição não funciona: metais pesados e os seus compostos e produtos orgânicos sintéticos não-biodegradáveis. Esses produtos ao serem absorvidos no meio ambiente concentram-se nos organismos, incluindo os seres humanos, alcançando, algumas vezes, efeitos letais.

As indústrias, principalmente as que utilizam produtos químicos nos seus processos produtivos, são as maiores responsáveis pela geração de produtos perigosos e o grande alvo de cobrança e de fiscalização pela sociedade e pelos órgãos competentes. Cerca de 70 000 produtos químicos são produzidos actualmente, dos quais mais de 3 300 são aplicados na agricultura e aproximadamente 400 são aditivos alimentares. Com todo este processo industrial herdamos os resíduos químicos de, aproximadamente, 10000 produtos tóxicos. Alberguini et al (2005)

As universidades, faculdades e centros de recursos humanos geram cerca de 1% dos resíduos perigosos. Ao contrário das unidades industriais, esses resíduos caracterizam-se por apresentarem pequeno volume e elevada diversidade, o que dificulta a padronização das formas de tratamento e disposição adequada.

As respostas mais recentes da indústria, que surgiram durante a década de 1990, incluem uma análise dos impactos ambientais dos produtos por ela gerados, designadamente por meio da utilização duma ferramenta denominada análise do ciclo de vida; e o desenvolvimento de procedimentos para conceber e projectar produtos menos agressivos para o meio ambiente, conhecido como *design for the environment*, ou seja, o projecto que leva em conta o meio ambiente do princípio ao fim, durante toda

a vida útil do produto. “Sob esta nova abordagem, algumas montadoras de automóveis têm trabalhado para projectar carros totalmente recicláveis; a companhia Xerox recolhe máquinas copiadoras velhas para desmontá-las, reutilizar certas peças e reciclar a maior parte dos materiais que constituem peças não reutilizáveis”. Alberguini et al. (2005). Na década de 70 as universidades começaram pouco a pouco a implementar programas de gestão de resíduos. Nos Estados Unidos, em Illinois e Minesota, foram enumerados 2.000 produtos químicos utilizados como rotina nas investigações, resultando, portanto, numa ampla variedade de materiais residuais.

Em termos de Instituições de Ensino Superior brasileiras, esta necessidade passou a ser contemplada no final dos anos 80. Alberguini et al. (2005)

Mais recentemente, começou a tomar forma uma nova abordagem dos resíduos químicos, com o objectivo de propor novas e desafiadoras soluções, tendo-se em conta a necessidade de alcançar uma alternativa para evitar a minimização de resíduos. Esta nova direcção na questão da redução do impacto da actividade química no ambiente vem sendo chamado de *green chemistry*. (termo adoptado pela IUPAC), são termos que surgiram para definir esta importante ideia. Lenardão et al. (2003)

Sobre esta nova atitude, foi criado em Portugal na Faculdade de Ciências de Lisboa, um Mestrado em Química Verde.

Alguns autores, procuram, nos seus trabalhos, definir os principais pontos ou os princípios elementares da química verde. Basicamente, há doze tópicos que precisam ser perseguidos quando se pretende implementar a química verde numa indústria ou instituição de ensino e/ou investigação na área da química:

Prevenção – Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou “limpá-lo” após ter sido produzido.

Economia de átomos – Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.

Síntese de produtos menos perigosos – Sempre, e que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.

Desenho de produtos seguros – Os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.

Solventes e auxiliares mais seguros - O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas.

Busca pela eficiência de energia – A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e económicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.

Uso de fontes renováveis de matéria-prima – Sempre que técnica e economicamente viável, a utilização a utilização de matérias-primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não renováveis.

Evitar a formação de derivados – A derivação desnecessária (uso de grupos bloqueadores, protecção/desprotecção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.

Catálise – Reagentes catalíticos (tão selectivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos.

Desenho para a degradação – Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, no final da sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.

Análise em tempo real para a prevenção da poluição – será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem uma monitorização e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.

Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes – As substâncias bem como o modo pelo qual uma substância é utilizada num processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo derramamentos, explosões e incêndios. Anastas e Warner citados em Lenardão et al. (2003).

Convém realçar que existem actualmente muitos relatos de iniciativas de grande mérito na gestão dos resíduos químicos, cujos esforços têm obtido sucesso. Estes exemplos demonstram que está a surgir uma nova mentalidade, com a qual devemos aprender.

“A implementação de um programa de gestão de resíduos exige antes de mais, mudança de atitudes e, por isso, é uma actividade que traz resultados a médio e a longo prazo, além de requerer a reeducação e uma persistência contínuas”. Jardim (1998). Portanto, além da Instituição, disposta a implementar e sustentar o programa, o aspecto humano é muito importante, pois o êxito depende muito da colaboração de todos os membros da unidade que gera os resíduos. Jardim (1998)

4.3. Requisitos para implementar uma gestão de resíduos

Os resíduos existentes num laboratório podem ser classificados em: activo e passivo. É importante, por isso, considerar os inventários do passivo e do activo porque permitem que a unidade se conheça a si própria quanto à natureza e qualidade dos resíduos produzidos e armazenados.

Inventário do passivo

O inventário do passivo tem como objectivo identificar qualitativa e quantitativamente a maior quantidade possível dos resíduos químicos já armazenados na unidade, independentemente do seu estado físico, a fim de propor o tratamento adequado e o seu destino final. É comum nos laboratórios de investigação (e em menor escala nos laboratórios voltados exclusivamente para o ensino), a existência de um “stock” (aqui denominado de *passivo*) indesejável de resíduos químicos sólidos, líquidos e gasosos não caracterizados. A existência deste tipo de resíduos é altamente problemática para qualquer programa de gestão, visto que o tratamento e o destino final deste stock é quase sempre de difícil solução, não apenas sob o aspecto técnico, mas também sob o aspecto económico. Jardim (1998)

Muitas vezes estes produtos não se encontram totalmente agregados e identificados como tal, exigindo assim uma averiguação mais detalhada nos vários compartimentos do laboratório para que o inventário possa ser o mais completo possível. Os armários em geral e os espaços disponíveis sob as pias e hotes merecem uma atenção especial, porque são os locais favoritos para a acumulação “ad eternum” de qualquer material indesejável. “A identificação e caracterização deste passivo é quase sempre uma tarefa que exige muita paciência, cuidado e investigação criteriosa. Além do mais, as probabilidades de sucesso (ou seja, a caracterização completa do resíduo) são geralmente pequenas, e assim sendo, as metas devem ser bastante realistas nesta etapa do programa de gestão”. Jardim (1998).

Esta caracterização é prejudicada pelos seguintes factores:

- Ausência total de rótulos ou qualquer outro indicativo do produto;
- Rótulos deteriorados pelo tempo e ilegíveis;
- Misturas complexas incluindo mais de uma fase (sólido/líquido);

A caracterização preliminar de um resíduo líquido e gasoso deve seguir passos bem definidos, procurando-se identificar, numa primeira abordagem, se o resíduo apresenta as seguintes características:

- Inflamabilidade
- Corrosividade
- Reactividade
- Toxicidade (opcional)

Uma vez identificado e caracterizado, da melhor maneira possível, este passivo, o passo seguinte é avaliar as possíveis maneiras de se aproveitar ao máximo este stock, o qual muitas vezes pode ser reaproveitado. Nesta etapa deve-se considerar as seguintes opções:

- Avaliação económica do passivo;
- Recuperação e reutilização "*in situ*";
- Tratamento "*in situ*";
- Tratamento fora da instituição;
- Destino final.

Na tabela seguinte apresenta-se uma sugestão de um protocolo para a caracterização preliminar dos resíduos líquidos e gasosos (e em alguns casos, sólidos também) normalmente encontrados em laboratórios. Jardim (1998)

Após esta primeira tentativa de separação, o resíduo armazenado pode passar por uma segunda (e eventualmente por outras tantas actividades similares) de separação, com base em algumas propriedades físico-químicas ou na natureza química do resíduo.

Teste a ser realizado	Procedimento
Reactividade com água	Adicione uma gota de água e observe se há a formação de chama, produção de gás, ou qualquer outra reacção violenta.
Presença de cianetos	Adicione 1 gota de cloroamina-T e uma gota de ácido barbitúrico/piridina em 3 gotas de resíduo. A cor vermelha indica teste positivo.
Presença de sulfuretos	Na amostra acidulada com HCl, o papel embebido em acetato de chumbo fica enegrecido quando na presença de sulfuretos.
pH	Usar papel indicador ou aparelho de medir pH
Resíduo oxidante	A oxidação de um sal de Mn(II), de cor rosa claro, ao mudar para uma coloração escura indica resíduo oxidante
Resíduo redutor	Observa-se a possível descoloração de um papel humedecido em 2,6-dicloro-indofenol ou azul de metileno
Inflamabilidade	Enfie um palito de cerâmica no resíduo, deixe escorrer o excesso e coloque-o na chama
Presença de halogénios	Coloque um fio de cobre limpo e previamente aquecido ao rubro no resíduo. Leve à chama e observe a coloração: o verde indica a presença de halogénios.
Solubilidade em água	Após o ensaio de reactividade, a solubilidade pode ser avaliada facilmente

Tabela 3 - Protocolo para a caracterização preliminar de resíduos químicos não-identificados

Nota: Testes realizados após separar uma pequena alíquota (por volta de 1g) que seja representativa do resíduo.

Assim sendo, numa segunda etapa, estes resíduos poderiam ser novamente caracterizados, originando a seguinte série:

- Ácidos
- Bases
- Orgânicos
- Inorgânicos
- Sólidos
- Líquidos
- Gasosos
- Oxidantes

Inventário do activo

Entende-se por activo todo o resíduo gerado na rotina do laboratório. Todo o programa de gestão se destina, posteriormente, a este tipo de resíduo, uma vez que, implementado, não se admite mais a existência deste passivo.

A hierarquia na gestão de resíduos

A implementação de uma hierarquia de decisões explicitamente associada à adopção e prática de várias actividades dentro de um programa de gestão ambiental não é um facto novo. Foi explorado em detalhes pela primeira vez em 1976, numa publicação da USA-EPA intitulada "Effective Hazardous Waste Management (Non-Radioactive)", e estabelece que haja uma ordem de prioridade nas acções que visam minimizar ou mesmo eliminar alguns dos resíduos produzidos numa Instituição.

Posteriormente o conceito foi expandido, incluindo detalhes aplicativos no documento "State Decision-Makers Guide to Hazardous Waste Management", publicado pela USAEPA em 1977. Em termos gerais, a hierarquia apresentada nada mais é do que uma série de atitudes (neste caso específico em número de sete), as quais são apresentadas numa sequência decrescente de prioridade. Jardim (1998)

São as seguintes:

- Optimização da Unidade Geradora (UG);
- Minimizar a proporção de resíduos perigosos que são inevitavelmente gerados;
- Separar e concentrar séries de resíduos de modo a tornar viável e economicamente possível a actividade gestora;
- Reutilização interna ou externamente por via transferência de resíduos;
- Reciclar o componente material ou energético do resíduo;
- Manter todo resíduo produzido na sua forma mais passível de tratamento;
- Dispor o resíduo de maneira segura;

Optimização da Unidade Geradora

Esta optimização é de carácter geral, bem abrangente, e deve versar sobre a rotina do trabalho da unidade. Por exemplo, deve-se evitar o uso de trompas de vácuo, que consomem muita água tratada, ou seja, uma água tratada que está sendo desperdiçada em grandes quantidades. O mesmo se aplica para destiladores de água que funcionam sem reciclagem da água de arrefecimento.

Estima-se que a produção de cada litro de água destilada lança na rede de esgoto entre 12 a 15 litros de água tratada, a qual é usada para arrefecimento, no tubo externo do destilador. Jardim (1998)

A UG deve estar atenta aos gastos com energia eléctrica, optimizando o uso de muflas, chapas de aquecimento e aparelhos de ar condicionado. Um outro ponto

importante é a rotulagem adequada de todo reagente usado no laboratório, com a devida identificação do produto, prazo de validade, modo de armazenagem e o nome do responsável pelo produto.

Um outro aspecto importante é o de não fazer do laboratório um armazém paralelo. Manter sempre uma quantidade pequena de reagentes no laboratório ajuda a minimizar o activo.

Minimização de resíduos

Entende-se por minimização uma série de atitudes que, quando tomadas conjuntamente ou em separado, conduzem a uma redução não apenas na quantidade de resíduos gerados, mas também na sua capacidade poluente para o meio ambiente.

No caso específico de laboratórios que geram resíduos químicos na sua rotina, a minimização contempla fundamentalmente duas actividades, as quais se implementadas e seguidas correctamente, poderão certamente reduzir em mais de 50% o activo da unidade. Jardim (1998)

Estas duas atitudes são:

- Mudança de macro (escala convencional) para micro escala;
- Substituição de reagentes e mudanças nos procedimentos.

No cenário actual, a tendência para a micro-escala tem sido mais praticada em laboratórios de ensino de química, muito embora se aposte num acréscimo acentuado da sua incorporação nos laboratórios de investigação e de prestação de serviços.

Micro-escala

A opção pela micro-escala face à escala tradicional, ou macro-escala, está centrada em 4 grandes vantagens que a primeira oferece, e que são discutidas, mais detalhadamente, a seguir:

Segurança

O manuseamento de pequenas quantidades de reagentes agressivos e solventes voláteis torna o laboratório muito menos insalubre do que quando se trabalha com os grandes volumes dos procedimentos tradicionais. A adopção da micro-escala melhora a qualidade do ar respirável nos laboratórios e minimiza o risco de incêndio. Por exemplo, uma garrafa de propionaldeído (de gargalo estreito) deixada aberta num laboratório onde a temperatura média é de 25°C pode perder até 1 g/h do produto. Jardim (1998).

Tempo

Tendo em vista que os volumes usados são menores, o material de vidro também tem que ser menor para se adequar, e assim sendo o tempo gasto em operações geralmente laboriosas como evaporação de solventes são bem menores. Além disso, pequenos volumes requerem um pré-tratamento rápido quando precedem a instrumentação analítica.

Economia

A grande maioria dos ensaios oficiais usados nas rotinas laboratoriais foi desenvolvida há pelo menos uma década (e alguns há mais de 50 anos!), e adoptam a macro escala, trabalhando numa faixa que varia entre 1 a 25 g, com volumes oscilando entre 10 a 250 mL. Na micro-escala, no entanto, raramente se usa mais do que 300 mg, o que representa uma grande economia em termos de reagentes. Jardim (1998)

No entanto, é importante salientar que a adaptação de um ensaio de macro para a micro-escala irá exigir todo um protocolo de validação analítica.

Aspectos ambientais

Talvez o produto mais importante da mudança da escala convencional para a adopção da micro-escala seja a formação de um profissional mais consciente das suas

responsabilidades com a preservação ambiental. Esta responsabilidade passa principalmente pelo aspecto da produção de resíduos. Com a adopção da micro-escala, a qual usa quantidades de 100 a 1000 vezes menor do que a escala convencional, a produção de resíduos nos laboratórios reduz drasticamente.

Substituição de reagentes e mudanças nos procedimentos

Dentro da nova ordem económica e da globalização, a busca por padrões internacionais tem -se intensificado nestes últimos anos, reforçando cada vez mais a necessidade de uma linguagem única, principalmente no tocante à qualidade analítica. Assim, várias determinações realizadas em laboratórios são feitas seguindo procedimentos aceites internacionalmente. Por esta razão, estes procedimentos devem ser seguidos à risca de modo a garantir a sua fiabilidade e a investigação dos dados analíticos obtidos. Esta realidade aparentemente cria certas dificuldades quando se pretende modificar, adequar e adaptar métodos oficiais no caso dos mesmos utilizarem reagentes tóxicos ou perigosos, ou então gerarem grandes quantidades de resíduos. No entanto, esta aparente imutabilidade não corresponde à realidade. Primeiro, fruto da consciencialização ambiental, grande parte destes procedimentos vem sofrendo actualizações constantes de modo a se adequar à nova realidade quanto ao uso de reagentes e solventes menos poluentes, bem como quanto à minimização de resíduos. Além disso, a validação de dados analíticos gerados através de procedimentos padrões modificados de acordo com os objectivos de um programa de gestão ambiental é perfeitamente possível de ser feita de maneira razoavelmente simples. Jardim (1998)

São vários os exemplos que ilustram as modificações que vêm sofrendo vários procedimentos padrão ao longo destes últimos 20 anos, modificações estas centradas principalmente no aspecto da saúde e do meio ambiente. Na 14a edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WPCP), de 1975, o procedimento 502 A, para determinação de óleos e gorduras usa FREON® (1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano) como agente extractor. Actualmente este

procedimento foi alterado e o solvente substituído por hexano ou éter de petróleo devido ao facto do FREON® não ser mais produzido visto ser um dos grandes responsáveis pelo efeito estufa e pela destruição da camada de ozono. Nesta mesma edição do Standard Methods, o ião nitrato podia ser determinado usando o reagente específico brucina. Este procedimento foi retirado das edições mais modernas devido não apenas à actividade cancerígena comprovada deste composto, mas também devido ao facto de que o procedimento envolvia o uso de arsénio. Citado em Jardim (1998)

Reutilização

Entende-se por reutilização a possibilidade de utilização de um material no estado em que se encontra, sem que para isto seja necessário submetê-lo a qualquer processo. A reutilização pode ser feita dentro ou fora da unidade, e o material pode ser reutilizado tanto dentro das suas funções originais como em novas funções.

De um modo geral, a reutilização é muito pouco praticada dentro dos laboratórios de química, dando lugar à reciclagem, a qual possui um potencial maior de aplicação.

É de salientar que o termo reutilização tem sido também aplicado ao material que passou por um processo de reciclagem.

Reciclagem

Reciclar é utilizar um resíduo ou o seu conteúdo energético após submetê-lo a algum tipo de processamento. Os pré-tratamentos rotineiramente exigidos na reciclagem de um resíduo são simples, incluindo quase sempre a filtração e a destilação. Entre os resíduos naturalmente candidatos ao processo de reciclagem, os mais comuns são:

- Solventes;
- Combustíveis em geral;
- Óleos;
- Resíduos ricos em metais, principalmente metais preciosos;
- Ácidos e bases;

- Catalisadores.

Normalmente a prática mostra que em mais de 90% dos casos, a única actividade praticada é a destilação. É curioso que nos EUA, a destilação "in situ" tem sido objecto de um severo controle e acompanhamento por parte da USEPA devido ao facto de que, em muitos casos, constatou-se que as condições nas quais o processo era realizado as perdas do solvente para a atmosfera apresentava um grande risco de exposição ambiental ao produto. Nas instituições académicas, a destilação é sem dúvida o processo mais utilizado na reciclagem de resíduos, principalmente quando se trata de solventes orgânicos. Esta actividade pode rotineiramente ser feita em menor escala, dentro dos laboratórios individuais, ou numa escala maior, centralizada num sector da Instituição. Jardim (1998)

Manter todo resíduo produzido na sua forma mais adequada ao Tratamento

A maneira mais racional (e menos onerosa) de se manter o resíduo gerado numa forma que facilite o seu destino final é separá-lo em diferentes correntes.

Esta separação é sempre ditada pela forma escolhida de disposição final do resíduo. Por exemplo, se o resíduo líquido de uma UG estiver destinado a um incinerador, o prestador deste tipo de serviço com certeza irá exigir que se separem todos os organoclorados dos demais solventes orgânicos, uma vez que a incineração deste primeiro exige cuidados especiais. Na melhor das hipóteses, uma UG terá pelo menos cinco séries diferentes de resíduos, sendo duas séries de resíduos orgânicos (halogenados e não-halogenados), uma de aquosos contendo orgânicos e duas de resíduos sólidos, sendo uma de metais pesados e outra com outros tipos de resíduos. “Isto não impede, no entanto, que diferentes sectores geradores de resíduos dentro de uma UG tenham mais do que estas cinco séries, pois esta decisão é muito peculiar e depende da rotina de cada sector, bem como do potencial de recuperação/reutilização destes”. Jardim (1998)

Conforme o PGRQ avança, o número final de séries da UG pode inclusivamente aumentar, tendo em conta que certos tipos de resíduos podem ser destruídos dentro da própria UG. “Os Laboratórios que fazem o uso da técnica de HPLC na sua rotina normalmente geram grandes quantidades de um resíduo contendo acetonitrilo - água. Como este resíduo é facilmente destruído por fotólise, torna-se economicamente atractivo separá-lo dos demais orgânicos e destruir esta corrente “*in situ*”, a um custo irrisório comparado com a incineração, por exemplo.” Jardim (1998)

Tratamento e disposição final de resíduos

Disposição final do resíduo é o termo técnico usado para designar a forma e o local escolhidos para receber definitivamente qualquer resíduo descartado. No caso dos resíduos urbanos, a disposição final é geralmente um aterro sanitário. No caso dos resíduos químicos gerados em laboratórios de ensino, investigação e prestação de serviços, o destino final encontrado pela grande maioria é ignorado ou difuso (esgotos, terrenos baldios, agregado ao lixo doméstico, etc).

Dentro desta realidade praticada pela maioria dos pequenos geradores, a implantação de um programa sério de gestão voltado para o saneamento desta realidade é de uma importância fundamental. Jardim (1998).

Normalmente, a disposição final de resíduos sólidos e líquidos está sujeita à fiscalização e legislação nacional e Comunitária. Porém, para as instituições de ensino e investigação, laboratórios de prestação de serviços, bem como para qualquer outro tipo de actividade não ligada ao sector produtivo que gera resíduos químicos de modo rotineiro, não existe qualquer tipo de fiscalização nem legislação.

Nos EUA a legislação específica sobre o destino final dos resíduos, embora seja bastante rígida, classifica as unidades geradoras de resíduos de acordo com a quantidade produzida mensalmente. Assim, grande parte dos laboratórios de instituições académicas é classificada como Geradores de Pequenas Quantidades (GPQ), o que quer dizer que produzem mais do que 100 e menos do que 1000 kg de resíduos perigosos e

menos do que 1 kg de resíduos muito perigosos por mês, gozando de alguns privilégios (ou melhor, sujeito a uma legislação menos restritiva) do que aqueles que geram mais do que 1.000 kg/mês de resíduos e são classificados como Geradores de Grandes Quantidades (GGQ). Jardim (1998)

Quer exista fiscalização e legislação ou não, o cuidado para com o descarte de resíduos químicos oriundos de laboratórios de ensino e investigação é antes de tudo, um compromisso moral para com a sociedade.

4.4. Tratamento dos Resíduos

Os processos mais comuns de tratamento envolvem a destilação, a precipitação e a neutralização. Estes processos são utilizados no Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ) do Campus da Universidade de São Paulo, em São Carlos, o qual trata dos resíduos químicos de todos os laboratórios com actividade química do campus. Alberguini et al. (2005)

Destilação

O objectivo da destilação é a separação de um líquido volátil de uma substância não volátil ou, mais usualmente, a separação de dois ou mais líquidos de diferentes pontos de ebulição. Este último tipo é vulgarmente denominado por destilação fraccionada.

A destilação é baseada na diferença dos pontos de ebulição dos líquidos que constituem a mistura que se deseja separar. O ponto de ebulição de um líquido puro, determinado apropriadamente, apresenta um valor constante e é definido a uma pressão constante, por exemplo, a atmosférica. O ponto de ebulição de um líquido impuro dependerá, em grande parte, da natureza física das impurezas. Se todas as impurezas

forem, não voláteis, o líquido terá um ponto de ebulição constante e as impurezas permanecerão quando o líquido tiver sido destilado. Entretanto, se as impurezas são voláteis, o ponto de ebulição pode elevar-se gradualmente à medida que o líquido for sendo destilado ou pode permanecer constante numa etapa particular da destilação, pela formação de uma mistura de ponto de ebulição constante de duas ou mais substâncias.

Considerando o comportamento de um par de líquidos sob destilação (A e B), se a mistura dos dois líquidos for aquecida, a pressão de vapor eleva-se até que seja igual à pressão atmosférica e a ebulição se inicia. A composição do vapor primeiramente destilado é mais rica no componente de ponto de ebulição mais baixo presente na solução original; à medida que a ebulição avança, o resíduo torna-se cada vez mais rico no componente de ponto de ebulição mais alto, consequentemente, o ponto de ebulição subirá e a composição do resíduo mudará gradualmente, assim como a do destilado. A destilação efectua, assim, uma separação parcial dos dois líquidos. Fazendo destilações repetidas pode ser alcançada uma separação quase completa dos dois líquidos. Para fornecer uma série contínua de condensações parciais de vapor e vaporizações parciais do condensado, cujo efeito é semelhante a várias destilações separadas, pode utilizar-se uma coluna de fraccionamento.

Os sistemas de destilação usados no LRQ-São Carlos, por exemplo, são compostos por colunas de Vigreux de diferentes tamanhos, que permitem a separação de solventes a partir de uma diferença de 25°C entre os seus pontos de ebulição, os quais não devem exceder 150°C. Alberguini et al. (2005)

Uma unidade centralizada, como é o Laboratório de Resíduos Químicos de São Carlos, que efectua a destilação utilizando equipamento de grande porte (sistemas de destilação compostos por balões de 10 a 12 L e colunas de destilação específica para cada solvente), recirculação da água dos condensadores e sistema de exaustão eficiente, impede a perda de gases para a atmosfera. Alberguini et al. (2005)

O sistema de arrefecimento dos destiladores recircula a água utilizada para a condensação. É importante ressaltar que a produção de 1 L de água destilada utiliza 13

L de água potável para a refrigeração. Assim, tem-se ideia da importância de recircular a água de refrigeração em sistemas que podem estar ligados por cerca de 10 horas por dia. No LRQ- São Carlos utiliza-se a mesma água de refrigeração desde o início das actividades até ao presente! Alberguini et al. (2005)

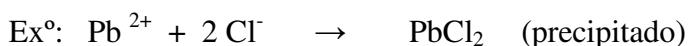
Precipitação

Os iões metálicos são classificados em grupos, tomando-se por base a sua peculiaridade a determinados reagentes. A classificação baseia-se no modo como os cations reagem na presença de determinados reagentes, pela formação (ou não) de precipitados.

Os grupos de cations são:

Grupo I:

Cations que formam precipitado com ácido clorídrico diluído, como o chumbo, mercúrio (I) e prata.



Grupo II

Cations que não reagem com ácido clorídrico, mas formam precipitado com ácido sulfídrico em meio ácido como : mercúrio (II), cobre, bismuto, arsénio (III), arsénio (V) , cádmio, antimónio (III), antimónio (V), estanho (III) e estanho (IV)



Grupo III

Cations que não reagem com ácido clorídrico nem com ácido sulfídrico em meio ácido. No entanto, formam precipitados com sulfureto de amónio em meio neutro ou amoniacal, como: cobalto (II), níquel (II), ferro (II), ferro (III), crómio (III), alumínio, zinco e manganês.



Grupo IV

Catiões que não reagem com os reagentes dos grupos I, II ou III. Formam precipitados com carbonato de amónio na presença de cloreto de amónio em meio neutro ou levemente ácido. Os catiões deste grupo são: cálcio, estrôncio e bário.



Grupo V

Catiões comuns que não reagem com nenhum dos reagentes dos grupos anteriores. Formam o último grupo, que inclui os iões: magnésio, sódio, potássio, amónio, lítio e hidrogénio.

Sódio e lítio

Juntar 1gr de sódio, Na, ou lítio, Li, a 100 mL de etanol quente de tal modo que a reacção não seja violenta. Mexer a mistura. Se a mistura reaccional se tornar viscosa e a velocidade da reacção baixar, juntar mais etanol. Quando todo o metal tiver sido adicionado mexer a mistura até que a reacção cesse, e examine cuidadosamente, se todo o metal reagiu. Se não houver mais metal para reagir pode diluir com água, neutralizar e lançar no esgoto.

Potássio

Este metal é o mais “traíçoeiro” dos metais alcalinos e são frequentes incêndios durante a sua destruição. Devem por isso, tomarem-se as devidas precauções que existem já descritas sobre o tratamento deste metal.

Juntar o potássio ao álcool terc-butílico lentamente, de tal modo que a velocidade da reacção seja baixa. Se a mistura reaccional se tornar viscosa, e a velocidade da reacção abrandar, juntar mais álcool terc-butílico. Quando já não houver mais potássio para juntar, mexer a mistura reaccional, até cessar qualquer reacção. Examinar,

cuidadosamente se não existe mais potássio por reagir, diluir com água, neutralizar e lançar no esgoto. Também se pode usar o álcool terc-amílico.

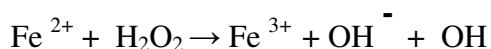
Neutralização

Há resíduos que não necessitam de tratamento específico, como soluções de alguns ácidos e bases fortes ou fracas, podendo ser descartados na caixa de diluição. Para tanto, despejam-se as soluções pelo ralo da hote que deve estar acoplada à caixa de diluição e ajusta-se o volume da caixa de diluição para pH = 7, usando hidróxido de cálcio, carbonato de sódio ou hipoclorito de sódio. Dilui-se o volume da caixa utilizando um jacto disperso de água e, após rectificar o pH da solução lança-se o conteúdo da caixa de diluição para a rede de esgoto convencional.

Processos oxidativos avançados: Reagentes de Fenton

Os resíduos contendo fenol (ou hidroquinona) são destruídos por processos de oxidação, utilizando-se solução aquosa de peróxido de hidrogénio na presença de um metal, Reagente de Fenton.

O processo consiste na produção de um radical hidroxilo a partir de uma mistura de peróxido de hidrogénio e sais ferrosos, que oxida moléculas orgânicas em meio aquoso, segundo a reacção:



Este sistema foi testado experimentalmente no Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ), bem como a sua optimização e a utilização de vidro moído âmbar (que apresenta na sua composição uma percentagem de ferro suficiente para a reacção) como fonte fornecedora de iões ferro. Alberguini et al. (2005)

O Reagente de Fenton é um dos mais promissores sistemas de tratamento de efluentes contendo contaminantes orgânicos e tem sido extensivamente estudado, mostrando alta eficiência. Alberguini et al. (2005)

Num balão de três tubuladuras equipado com um agitador magnético, termómetro, funil de separação e condensador com saída para gás adiciona-se a amostra de fenol juntamente com sulfato ferroso amoniacal, deixando a mistura sob agitação até dissolução completa. O pH da solução deve ser ajustado a um valor compreendido no intervalo entre 3 e 5, com a adição de ácido sulfúrico. No funil de separação adiciona-se cerca de 400 mL de peróxido de hidrogénio p.a. , que vai caindo gota a gota na solução imersa num banho termoestatizado com a temperatura variando entre 20 e 40° C. Após o final da adição de peróxido à solução, esta é deixada sob agitação durante duas horas e em repouso durante outras 12 horas. Assim, pode ser armazenada para disposição final. Alberguini et al. (2005)

Após oxidação oxidativa o material é analisado por espectrofotometria de UV-Visível. Alberguini et al. (2005)

Processos de Redução com ligas de Níquel Raney

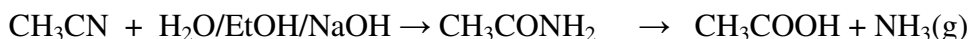
Estes processos de redução com ligas de Níquel Raney degradam quimicamente compostos orgânicos nitrílicos na presença de liga de Ni-Al em meio básico. A destruição é superior a 99%. Alberguini et al. (2005)

Para o processo, adiciona-se 0,5 g de nitrilo em 50mL de água e 50 mL de solução de hidróxido de sódio, sob agitação. Acrescentam-se 5 g da liga Ni-Al em pequenas fracções. Agita-se a solução por 12 horas e filtra-se. Após a neutralização, o filtrado é analisado por espectroscopia de UV e IV. Alberguini et al. (2005)

A incineração de resíduos contendo acetonitrilo leva à libertação de cianetos, por isso a técnica descrita anteriormente é uma das mais adequadas à sua degradação. Estuda-se a aplicação dessa técnica para nitrilos e aldeídos.

Tratamento de Solventes: Acetonitrilo

Outra técnica que pode ser utilizada usada em produtos contendo acetonitrilo é o tratamento por hidrólise básica, cuja reacção consiste em:



O processo produz ácido acético, que pode ser descartado após neutralização.

Xilol

O processo utilizado para o xilol é o da destilação fraccionada. Neste processo são utilizados sistemas compostos por colunas de Vigreux, que permitem a separação do resíduo originalmente formado por água, detergente, parafina, etanol e xilol. Esta mistura deriva da limpeza de lâminas histológicas, e da confecção de moldes na área da morfologia.

Inicialmente é retirado a fracção contendo etanol à temperatura de 75°C a 78°C; a fracção de água com detergente sai próximo a 110°C e, finalmente, obtém-se o produto a 135 – 138 °C referente à mistura de orto/meta e para-xilol. Alberguini et al. (2005)

Após a destilação, esse material é caracterizado por determinações físico-químicas, como índice de refração, espectroscopia UV e IV. A fracção que contém álcool, quando adicionada a 20% de xilol, é utilizado pelas oficinas de manutenção nos serviços de limpeza, constituindo-se numa espécie de diluente. O diluente assim obtido, por estar isento de benzeno, tem grande vantagem em relação ao comercial. Alberguini et al. (2005)

Detecção da poluição atmosférica, utilizando a espécie *Tradescantia* como bio-indicador

Utilizando plantas bio-indicadoras, caracteriza-se a qualidade do ar dos laboratórios e infere-se sobre o potencial tóxico da possível poluição local. As alterações fisiológicas, químicas, bioquímicas e estruturais causadas pela poluição aérea são, assim, avaliadas em plantas de duas espécies de *Tradescantia* expostas em locais diferencialmente afectados pela poluição.

As plantas da espécie *Tradescantia* são muito utilizadas como bio-indicadores da poluição por vários factores tais como: fácil manuseamento, baixo custo, possuírem células germinativas e reproduzirem-se por meiose. Esta última característica é fundamental para o presente estudo, pois quando as suas células germinativas (células-mãe do grão de pólen) tingem a fase da meiose elas produzem células tétrades que compreendem as células-mãe do grão de pólen divididas em quatro partes encapsuladas por uma membrana de celulose.

As células germinativas encontram-se em constante desenvolvimento (crescimento). Dessa forma, qualquer alteração provocada por agentes externos, por exemplo poluição, pode levar a erro na sequenciação da sua estrutura, que é corrigido assim que a planta o reconhece. Essa correcção ocorre cortando a sequência incorrecta e isolando-a por um invólucro de celulose chamado micronúcleo, que é levado para fora da célula.

O micronúcleo é observado nas células tétrades que se encontram na fase meiótica das plantas. Uma presença elevada de micronúcleos corresponde a um alto grau de agentes externos interferindo no processo de divisão da célula e, portanto, a uma grande poluição.

O processo para a observação dos micronúcleos consiste no corte das inflorescências, que não devem estar muito novas, tampouco devem apresentar flores. Os micronúcleos devem permanecer em solução de fixador (ácido acético e água) por 48 horas. Depois, os botões da inflorescência são retirados e macerados na presença de corante. Com o auxílio de um microscópio óptico, procuram-se os botões em que se encontram tétrades, para posterior tratamento de dados.

Os bioensaios com *Tradescantia* podem ser utilizados na monitorização da qualidade do ar, da água e do solo. Alberguini et al. (2005)

Regra Geral para o tratamento de resíduos químicos em laboratório

Os resíduos que são passíveis de destruição/ neutralização no próprio laboratório, para posterior descarte no esgoto, não deverão ser acumulados. É sempre mais fácil e menos perigoso o tratamento de pequenas quantidades dos resíduos. O tratamento destes resíduos deverá ser feito no próprio laboratório que os gerou, sob a responsabilidade de um docente.

Colocamos aqui os tratamentos para destruição, neutralização ou inertização das substâncias frequentemente encontradas em resíduos dos laboratórios.

Todos os procedimentos, descritos a seguir, devem ser efectuados na hote com boa exaustão, usando equipamentos de protecção individual como bata, luvas e óculos de segurança. É aconselhável a supervisão de um docente.

Ácidos e bases

Neutralizar com hidróxido de sódio, NaOH, ou ácido sulfúrico, H₂SO₄, respectivamente; utilizar papel indicador ou gotas de fenolftaleína, para garantir que o pH da solução resultante se situa entre 6 e 8. Após a neutralização, descartar lentamente no esgoto sob água corrente. Para soluções extremamente ácidas, como mistura sulfonítrica, por exemplo, utilizar cal na neutralização.

Metais

Tratar com hidróxido de sódio e carbonato de cálcio (NaOH + Na₂CO₃) em excesso. Descartar a mistura nos recipientes apropriados para este fim.

Cianetos

A destruição deve ser feita na hote com boa exaustão. O procedimento relatado a seguir é adequado para cianetos solúveis e insolúveis. Não é recomendado para complexos com alta estabilidade.

Basificar o meio com hidróxido de sódio, NaOH, não muito concentrado (pH entre 10 e 11).

Sob agitação adicionar hipoclorito de sódio ou cálcio (50% em excesso em relação ao CN^- em mol.l^{-1}).

Manter sob agitação, na hote, por cerca de 12 horas.

Baixar o pH com ácido clorídrico, HCl, até cerca de 8.

Descartar lentamente no esgoto da hote, sob água corrente.

Acetonitrilo (só ou em misturas com água)

Dissolve-se cuidadosamente no resíduo de acetonitrilo uma massa de hidróxido de sódio, NaOH, que resulte numa relação molar 2:1 com o acetonitrilo, CH_3CN .

$$\text{Mol}_{\text{NaOH}} = 50 \text{ g}$$

$$\text{Mol}_{\text{CH}_3\text{CN}} = 51 \text{ g}$$

$$d_{\text{CH}_3\text{CN}} = 0,805 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$m_{\text{CH}_3\text{CN}} = d_{\text{CH}_3\text{CN}} \times V_{\text{resíduo}}$$

Após a dissolução do hidróxido, leva-se a mistura a um equipamento de refluxo com captação de amónia (similar ao utilizado na determinação do azoto amoniacal por Kjeldhal), por 6 horas.

Finalizado o refluxo, neutraliza-se a solução e descarta-se no esgoto, se o resíduo não contiver outras substâncias tóxicas.

Agentes oxidantes

Hipocloritos, cloratos, bromatos, iodatos, periodatos, peróxidos e hidroperóxidos inorgânicos, cromatos e dicromatos, molibdatos, manganatos e permanganatos podem ser reduzidos por hipossulfito de sódio.

O excesso de hipossulfito deve ser destruído com peróxido de hidrogénio, H_2O_2 . Depois disso diluir a 3% e descartar no esgoto.

Sulfuretos inorgânicos

Precipitar na forma de sulfureto de Fe(II), decantar.

O precipitado deve ser descartado nos resíduos de metais.

O líquido sobrenadante pode ser descartado no esgoto após diluição, se não contiver metais pesados/tóxicos.

Metais finamente divididos

Alumínio, cobalto, ferro, magnésio, manganês, níquel, paládio, platina, titânio, estanho, urânio, zinco, zircônio, e suas ligas

(Al, Co, Fe, Mg, Mn, Ni, Pd, Pt, Ti, Sn, U, Zn, Zr, e suas ligas)

Suspender o pó em água, até formar uma pasta;

Colocar num recipiente metálico formando uma camada fina;

Deixar secar ao ar. Conforme a mistura for secando, formar-se-ão, óxidos que não são pirofóricos.

Descartar como resíduos de metal ou recuperar, dependendo do metal.

Outra alternativa: solubilizar com ácido e depois descartar como resíduo de metais

Halogenetos metálicos que reagem violentamente com água, tetra cloretos de titânio, estanho e zircônio e tricloreto de alumínio(TiCl_4 , SnCl_4 , ZrCl_4 e AlCl_3).

adicionar aos halogenetos à água, num balão de 3 bocas, com resfriamento (banho de gelo) e agitação constante;

A solução resultante deve ser tratada com resíduo de metais.

Halogenetos e halogenetos ácidos de não-metais

Tricloreto de boro, tricloreto de fósforo, tetracloreto de silício, (BCl_3 , PCl_3 , SiCl_4 , SOCl_2 , SO_2Cl_2 , PCl_3). O procedimento descrito abaixo também pode ser utilizado na destruição de: RCOX , RSO_2X , $(\text{RCO})_2\text{O}$.

Colocar num balão de 3 bocas, provido de termómetro, balão de adição e agitador mecânico, 600 ml de NaOH 2,5 mol.l⁻¹

Adicionar lentamente o resíduo sob agitação constante.

Se a temperatura aumentar com a adição do resíduo, deve-se continuar a adição do mesmo sem aquecimento. Se isto não ocorrer, aquecer o balão até cerca de 90 °C, antes de continuar a adição do resíduo.

Continuar o aquecimento até que solução fique clara.

Arrefecer à temperatura ambiente

Neutralizar a pH 7 e descartar no esgoto, lentamente e sob água corrente

Obs:

* O pentacloreto de fósforo, PCl₅, e outros sólidos, devem ser tratados num gobelé (tendem a endurecer no balão) com gelo pela metade. Depois do gelo derreter, se não solubilizou completamente, aquecer ligeiramente

** o dicloreto de enxofre, S₂Cl₂, forma sulfureto de sódio, Na₂S, deve passar pela destruição de sulfuretos antes de ser descartado no esgoto.

Aminas aromáticas

Destruição em laboratório: oxidação por permanganato de potássio, KMnO₄, em meio ácido.

0,2 mol KMnO₄ para 0,01 mol de amina em ácido sulfúrico, H₂SO₄, 2 mol.l⁻¹ temperatura ambiente por 8 horas.

Juntar hidrogeno sulfato de sódio, NaHSO₄, para destruir o excesso de permanganato, MnO₄, neutralizar com hidróxido de sódio, NaOH, diluir e descartar no esgoto sob água corrente.

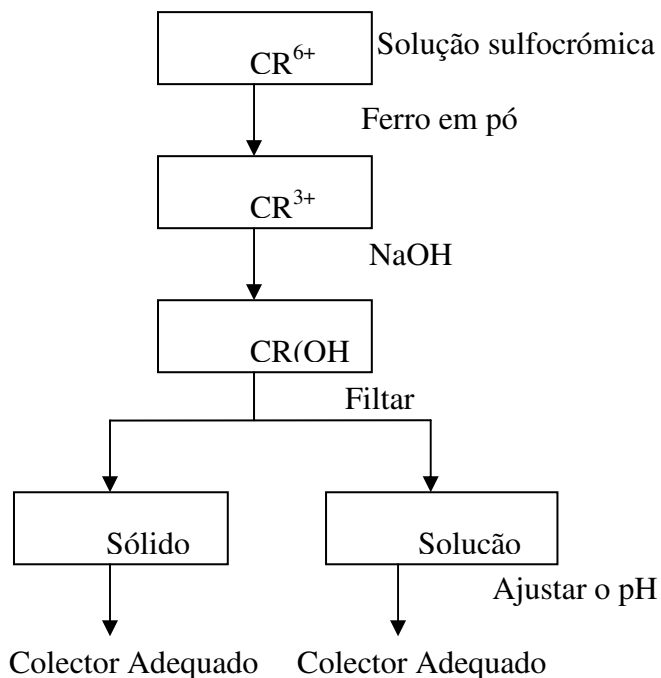


Figura 5 – Esquema do tratamento de uma solução sulfocrômica

4.5. Relatos de experiências bem Sucedidas

Como resultado da nossa investigação em revistas estrangeiras, sobre o tratamento de resíduos em Instituições de Ensino, uma das conclusões que podemos tirar é que, embora em Portugal e na Europa, seja um assunto pouco abordado, encontrámos muitos relatos de experiências pioneiras em artigos americanos e brasileiros, abordando este tema de diferentes formas bastante interessantes. Achámos apresentar, resumidamente dois desses relatos, um abordando o tema sob o ponto de vista de uma grande Unidade e os outros dois com os alunos e demonstrando como pode ser motivante, incluir nas nossas aulas de química estas estratégias como meio de seguir o denominado

movimento CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) preconizado nos programas de Física e Química A dos 10º e 11º Anos e na Física e Química do 12º Ano. Ao mesmo tempo, tratar os resíduos que estão acumulados há tantos anos nas nos laboratórios das nossas escolas.

4.6. Relato 1 – Tratamento de resíduos numa instalação de ensino superior

Este estudo foi desenvolvido nos laboratórios de Química do CEFET-AM (Centro Federal de Educação Tecnológica do Amazonas, Brasil, conduzido por Santos & Valle (2007) e apresentado no II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica.

O Instituto de Química de São Carlos armazenava um grande volume de resíduos gerados nos seus laboratórios de pesquisa, à espera de tratamento, em precárias condições. Os professores desse instituto, preocupados com esse perigoso passivo, resolveram adoptar este programa visando acabar com esta problemática. Com isso, a universidade optou pela criação de um único laboratório capaz de tratar os resíduos químicos provenientes de todos os laboratórios com actividades químicas do campus, ou seja, 88 laboratórios entre ensino e pesquisa, o Laboratório de Resíduos Químicos do Campus de São Carlos - LRQ-São Carlos. Alberguini et al. (2003)

Segundo Alberguini (2003), além do tratamento dos resíduos químicos colectados dos laboratórios que solicitam sua retirada, o LRQ-São Carlos desempenha as seguintes funções:

- Pesquisa bibliográfica para obtenção de material sobre tratamento de resíduos químicos;
- Elaboração de normas para recolhimento e rotulagem dos resíduos;

- Estabelecimento de procedimentos e normas gerais para o tratamento desses resíduos;
- Execução de processos de tratamento de resíduos;
- Desenvolvimento de tecnologias no tratamento de resíduos químicos;
- Associação com o ensino de graduação;
- Conscientização das instituições de ensino e do sector produtivo para a prevenção da geração de resíduos químicos de ensino e pesquisa tentando-se assim, alcançar a conservação do meio ambiente.

Materiais e Métodos

As amostras analisadas neste trabalho consistiram de 21 recipientes sem identificação, quer por ausência de rótulos quer por estarem ilegíveis provenientes do passivo dos laboratórios da GEAQMA do CEFET-AM.

As amostras foram numeradas e separadas em amostras líquidas e sólidas sendo colocada a letra L para as líquidas e S para as sólidas, e em seguida a numeração correspondente.

Na identificação dos iões foram utilizados os ensaios clássicos por meio de procedimentos simples de laboratório baseados nas metodologias utilizadas por Afonso e colaboradores (2005), e nos conhecimentos obtidos em Química Analítica Qualitativa (KING, 1981; VOGEL, 1982). Esses testes permitiram, pelo menos na maioria dos casos, a indicação de uma substância ou grupo de substâncias que podiam corresponder ao produto sob análise, e foram divididos em duas etapas: ensaios preliminares e ensaios de identificação sistemática. Citado em Santos & Valle (2007).

Ensaio preliminar

Os ensaios realizados foram: ensaio de chama e de inflamabilidade, solubilidade reactividade com água, solubilidade noutros solventes, cor, carácter redox e pH.

Ensaio de chama e de inflamabilidade

Este procedimento tinha por objectivo, detectar a presença de substâncias inflamáveis (ou combustíveis), assim como a presença de alguns sais de metais que emitem radiação no visível sob acção de calor. Substâncias que ardiam poderiam corresponder a substâncias orgânicas e as que não se alteravam na chama sugeririam compostos refractários e estáveis ao calor. O ensaio foi realizado imergindo uma vareta de vidro no líquido ou, no caso de material sólido, a vareta foi previamente humedecida com água para aderência do mesmo. A quantidade de material empregada não excedeu uma gota ou a alguns grânulos de sólido para minimizar efeitos decorrentes do manuseamento de algum material explosivo sob chama.

Solubilidade e reactividade com água

A manipulação foi realizada com material de vidro rigorosamente seco, utilizando apenas uma gota de líquido ou um grânulo de sólido; o ensaio foi realizado numa placa de petri à temperatura ambiente. Nos ensaios a quente, empregaram-se tubos de ensaio em banho-maria.

Solubilidade noutros solventes

Caso o material não fosse solúvel em água, tentou-se o meio ácido utilizando os seguintes reagentes: ácidos acético, clorídrico, sulfúrico e fluorídrico (CH_3COOH , HCl , H_2SO_4 HF) e água régia. Os ensaios foram realizados na hote e em tubos de ensaio, à

temperatura ambiente ou a quente em banho-maria. Para cada solvente utilizado, empregou-se inicialmente solução 6M seguido do produto concentrado se necessário. Os ensaios iniciaram-se sempre com ácidos não-oxidantes. Na suspeita de um produto orgânico, ou de uma substância inorgânica apolar, empregaram-se os seguintes solventes: álcool etílico, éter etílico e acetona, sendo o ensaio realizado em tubo de ensaio, à temperatura ambiente.

Cor

A cor da substância pode ajudar a identificar alguns compostos, abaixo seguem alguns exemplos (Vogel,1981) citado em Santos & Valle (2007).

Vermelho: Pb_3O_4 , As_2S_2 , HgI_2 , HgS , Sb_2S_3 , CrO_3 , Cu_2O , $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; os dicromatos têm cor vermelha alaranjada; os permanganatos e o alúmen de crômio têm cor púrpura avermelhada.

Rosa: sais hidratados de manganês e de cobalto.

Amarelo: CdS , As_2S_3 , SnS_2 , PbI_2 , HgO (precipitado), $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; cromatos; cloreto e nitrato de ferro (III).

Verde: Cr_2O_3 , Hg_2I_2 , $\text{Cr}(\text{OH})_3$; sais de ferro (II), por exemplo: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, FeSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; sais de níquel; $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CuCO_3 , K_2MnO_4 .

Azul: sais de cobalto anidros; sais de cobre (II) hidratados; azul-da-prússia.

Castanho: PbO_2 , CdO , Fe_3O_4 , AgAsO_4 , SnS , Fe_2O_3 e $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (castanho avermelhado).

Preto: PbS , CuS , CuO , HgS , FeS , MnO_2 , Co_3O_4 , CoS , NiS , Ni_2O_3 , Ag_2S , C.

A cor da solução obtida também foi observada quando a substância foi dissolvida em água ou em ácidos.

Procurou-se relacionar a cor de sua solução aquosa com a de cátions ou aniões coloridos. Por exemplo:

- Azul: cobre (II);
- Verde: níquel, ferro (II), crómio (III), manganatos;
- Amarelo: cromatos, hexanocianoferrato (II), ferro (II);
- Vermelho-laranja: dicromatos;
- Púrpura: permanganatos;
- Rosa: cobalto, manganês (II).

Caráter redox

Foi determinado através de dois ensaios em paralelo, em placa de petri: um com iodeto de potássio e o outro com permanganato de potássio. As amostras foram acidificadas com ácido sulfúrico 6M.

pH

Este ensaio foi realizado apenas com as substâncias que eram solúveis em água. Este ensaio fornece informações acerca da natureza do sal ou dá origem à hipótese de se estar na presença de um ácido, de uma base livre ou ainda de sais ácidos. O mesmo foi realizado com papéis de tornassol azul/vermelho e papel universal.

Ensaio de identificação sistemática

Quando a presença de algum catião ou anião era fortemente sugerida pelos ensaios preliminares, procedia-se directamente aos ensaios de caracterização química, de acordo com o comportamento dos mesmos com o reagente do grupo a que pertenciam.

Aplicação da marcha analítica simplificada dos cátions

Primeiro as amostras foram analisadas quanto ao grupo dos cátions a que pertenciam divididos em grupo I, II, III, IV e V, conforme a análise qualitativa para a separação e identificação dos cátions.

Grupo I

Colocou-se num tubo de ensaio 10 gotas da amostra; em seguida adicionou-se, com agitação, 10 gotas de HCl 3 mol/L e observou-se a formação de precipitado.

Grupo II

Colocou-se num tubo de ensaio 3 gotas da amostra e 3 gotas de HCl 6 mol/L. Aqueceu-se até à ebulição e adicionou-se 10 gotas de tioacetamida 1 M e agitou-se. Observou-se a formação de precipitado.

Grupo III

Colocou-se 5 gotas da amostra num tubo de centrífuga. Adicionou-se 10 gotas de NH_4Cl 6 mol/L e NH_4OH 6 mol/L, gota a gota e com agitação contínua, até reacção básica com o tornassol e 10 gotas de água quente. Observou-se a presença de um precipitado nessa primeira etapa. Em seguida adicionou-se 12 gotas de tioacetamida 1 mol/L, misturou-se e aqueceu-se o tubo em banho-maria (10 minutos) com agitação constante. Observou-se a formação de precipitado.

Grupo IV

Num tubo de ensaio adicionou-se 5 gotas de solução de amostra, 3 gotas de NH_4OH 3M, 3 gotas de NH_4OH 3M, 3 gotas de NH_4Cl e 10 gotas de $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 0,1 M e observou-se a formação de precipitado.

Grupo V

Sódio Na^+ - Transferiu-se 2 gotas da amostra livre de iões amónio para um tubo, adicionou-se 2 gotas de solução de acetato de zinco e uranilo, misturou-se e deixou-se em repouso por 5 minutos. Observou-se a formação de um precipitado amarelo.

Potássio K^+ - Após a remoção do ião amónio, fez-se reagir a amostra com uma solução de ácido tartárico; posteriormente adicionaram-se algumas gotas de acetato de sódio e observou-se a formação de um precipitado branco.

Amónio NH_4^+ - Transferiu-se 10 gotas da amostra para um tubo de ensaio, adicionou-se 5 gotas de NaOH mol/L, vedou-se o tubo com algodão humedecido com fenolftaleína e aqueceu-se durante 5 minutos num banho de água a ferver. Verificou-se que o algodão se tornava rosa, indicando a presença de gás amoníaco proveniente do ião amónio.

Magnésio Mg^{2+} - Transferiu-se 10 gotas da amostra para um tubo de ensaio com algumas gotas de NH_4OH 6 mol/L e 4 gotas de Na_2HPO_4 0,5 mol/L; misturou-se bem e aqueceu-se o tubo (30 segundos) em banho-maria e deixou-se em repouso por um minuto. Observou-se o aparecimento de um precipitado branco.

Aplicação da marcha analítica simplificada dos aniões

Sulfato

As amostras passaram por um processo de acidificação com ácido clorídrico 1M e foram fervidas por alguns minutos. Posteriormente, foi adicionada a solução de cloreto de bário 0,25 M para observar a precipitação do sulfato de bário (BaSO_4), o que indicou a presença do anião sulfato na amostra. Outro procedimento para confirmação consiste na adição de acetato de chumbo às amostras. A formação de um precipitado branco (PbSO_4) indicou a presença de sulfato.

Cloreto

Primeiro foi observada a reacção da amostra em contacto com o ácido sulfúrico concentrado e sendo observado o desprendimento de um gás incolor nesta reacção passou-se para as reacções seguintes:

Primeiro, a reacção da amostra com o nitrato de prata onde houve a formação de um precipitado branco (AgCl). Este precipitado foi tratado com algumas gotas de hidróxido de amónio 6mol/L para que o mesmo se solubilizasse e, posteriormente, adicionou-se ácido nítrico 6mol/L ; o precipitado voltou a formar-se confirmando assim a presença do anião cloreto. Outro procedimento para confirmação consistiu na adição de acetato de chumbo às amostras. A formação de um precipitado branco (PbCl_2) indicou a presença de sulfato.

Clorato

Primeiro foi observada a reacção da amostra em contacto com o ácido sulfúrico concentrado e sendo observado o desprendimento de um gás amarelo com um odor forte, passou-se à reacção seguinte que consistiu na reacção da amostra com solução de sulfato de ferro (II) onde pode observar-se a redução do anião clorato (rosa) a cloreto (amarelo).

Carbonato

Após ser confirmada a solubilidade em HCl 6 M da amostra 2S, foi realizada a reacção da amostra com o nitrato de prata. Posteriormente foi adicionado ácido nítrico para confirmação do anião carbonato (CO_3^{2-}).

Foi feita também a reacção da amostra com solução de cloreto de bário 0,25 M para uma nova confirmação.

Análise e Interpretação dos dados

Dos 21 recipientes analisados quatro frascos tiveram que ser trocados, pois estavam em péssimo estado, e cinco tinham as tampas trocadas e quebradas. Apenas um recipiente estava lacrado. Somente dois produtos estavam armazenados em frascos plásticos, os restantes estavam em frascos de vidro.

A tabela seguinte mostra os resultados obtidos nos ensaios preliminares, onde podemos observar que cerca de 20% das amostras são sólidos (sendo metade higroscópica) e 80% são líquidas (23% levemente turvas, 47% límpidas e 29% viscosas).

Os resultados mostram que cinco amostras são consideradas produtos orgânicos (4L, 13L, 14L, 15L e 17L), devido às suas características viscosas e à solubilidade. Desses compostos, três amostras são solúveis em éter etílico (13L, 14L e 17L), uma é solúvel em acetona (15L) e outra solúvel em água, a quente (4L).

Apenas três amostras apresentaram radiação no visível, 7L, 8L e 10L e a amostra 1L apresentou inflamabilidade.

Em relação ao carácter redox, 42,8% das amostras apresentaram-se indiferentes, enquanto 19% apresentaram um carácter oxidante; apenas uma amostra demonstrou um carácter redutor (8L) e duas amostras apresentaram duplo carácter (6L e 10L).

Ainda em relação à tabela seguinte, podemos ver que duas amostras apresentaram o pH aproximadamente neutro (8L e 16L), e apenas a amostra 10L apresentou pH alcalino. Todas as outras, cerca de 85%, apresentaram carácter ácido.

Amostra	Ensaio de chama Inflamabilidade	Solubilidade e Reactividade em água	Solubilidade noutros solventes	Carácter Redox	pH
1L	Inflamável	Miscível (reação exotérmica)	--	oxidante	1
2L	Formação de fumo branco	Miscível (reação exotérmica)	--	indiferente	2
3L	Formação de fumo branco	Miscível (reação exotérmica)	--	indiferente	1
4L	Formação de fumo escuro e fuligem	Miscível (a quente)	--	--	2
5L	Formação de fumo branco	Miscível (reação exotérmica)	--	oxidante	2
6L	Nada ocorreu	Miscível	--	carácter duplo	3
7L	Chama vermelha	Miscível (reação exotérmica)	--	indiferente	1
8L	Chama vermelha A substância cristalizou	Miscível	--	reductor	7
9L	Substância tornou-se escura	Miscível (reação exotérmica)	--	oxidante	2
10L	Chama vermelha	Miscível	--	carácter duplo	11
11L	Formação de fumo branco	Miscível (reação exotérmica)	--	indiferente	2
12L	Formação de fumo branco	Miscível	--	oxidante	2
13L	Formação de fumo branco Cheiro forte a óleo queimado	Imiscível	Miscível com $C_4H_{10}O$	--	--
14L	Formação de fumo branco Cheiro forte a óleo queimado	Imiscível	Miscível com $C_4H_{10}O$	--	--
15L	Formação de fumo escuro Cheiro forte a óleo queimado	Imiscível	Miscível com $(CH_3)_2CO$	--	--
16L	Nada ocorreu	Miscível	--	indiferente	7
17L	Nada ocorreu	Imiscível	Miscível com $C_4H_{10}O$	--	--
1S	Dissolveu-se formando cristais	Solúvel (solução incolor)	--	indiferente	2
2S	Escureceu Formação de fumo branco	Insolúvel	Solúvel em HCl diluído	indiferente	--
3S	Nada ocorreu	Insolúvel	Solúvel em HCl diluído (a quente)	indiferente	--
4S	Nada ocorreu	Insolúvel	Solúvel em HF (solução turva)	indiferente	--

Tabela 4 - Resultados obtidos nos ensaios preliminares.

A tabela seguinte mostra os resultados obtidos nos ensaios de identificação sistemática. Podemos observar que a grande maioria das substâncias analisadas corresponde a produtos inorgânicos (aproximadamente 76%) e foram identificados apenas cinco compostos orgânicos (24%).

Foram identificados alguns catiões e aniões em várias amostras (Tabela 5), por exemplo, na amostra sólida 2S foi encontrado o anião carbonato devido às suas características tais como: a sua solubilidade em ácido clorídrico e a sua reacção com o nitrato de prata e com o cloreto de bário.

Amostra	Catiões presentes	Aniões presentes
1L	Fe^{2+} e Fe^{3+}	SO_4^{2-}
2L	NI	SO_4^{2-}
3L	NH_4^+	SO_4^{2-}
4L*	-----	-----
5L	NI	SO_4^{2-}
6L	NH_4^+ , As^{3+}	SO_4^{2-} , Cl^-
7L	Na^+	NI
8L	K^+	Cl^-
9L	Fe^{2+} e Fe^{3+}	SO_4^{2-}
10L	As^{3+}	ClO_3^-
11L	Fe^{2+} e Fe^{3+}	SO_4^{2-}
12L	NI	SO_4^{2-}
13L*	-----	-----
14L*	-----	-----
15L*	-----	-----
16L**	-----	-----
17L*	-----	-----
1S	NH_4^+	SO_4^{2-}
2S	NI	CO_3^{2-}
3S	NI	NI
4S	NI	NI

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de identificação sistemática.

NI = Não identificado; *Compostos orgânicos; **Peróxido de hidrogénio

Nas amostras líquidas que eram reagentes comerciais, obteve-se sucesso na identificação, principalmente devido à familiaridade das suas propriedades físicas e das suas aplicações. A amostra 6L foi identificada como sendo ácido clorídrico, a 8L solução de cloreto de potássio, a 16L peróxido de hidrogénio, esta última identificada através de um ensaio clássico de detecção de peróxidos, tratamento com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_2$ em H_2SO_4 , onde o aparecimento de uma coloração azul indica teste positivo. A amostra 1S, foi identificada como sendo sulfato de amónio, pois observou-se no ensaio de confirmação, a precipitação do sulfato de bário (BaSO_4) e do sulfato de chumbo (PbSO_4), identificando assim a amostra.

As amostras (4L, 13L, 14L, 15L) eram compostos derivados da refinação de petróleo. A amostra 17L óleo lubrificante e as outras amostras líquidas eram solventes comuns ou misturas de solventes.

Relativamente à origem dos materiais, a análise de todo o passivo trabalhado com base especialmente nas características das embalagens, permitiu distinguir duas categorias: (a) reagentes comerciais e (b) produtos adquiridos através de doações, tipo: corantes, combustíveis, lubrificantes, etc.

A rotina de análise proposta neste trabalho, dada a abrangência de produtos químicos no passivo analisado, não permitiu identificar 100% das substâncias desconhecidas, porém trouxe benefícios para o ambiente, pela diminuição do volume de resíduos gerados, e também na economia relativamente à compra de novos produtos – há substâncias que já foram utilizadas após a sua identificação.

Conclusão

De modo geral, pode-se concluir que houve uma perfeita relação entre os resultados obtidos nos ensaios preliminares e aqueles de identificação sistemática, devido, fundamentalmente à composição bem definida dos produtos e ao pequeno universo de iões existentes em cada amostra, o que dificultou a possibilidade de interferências nos ensaios químicos realizados.

Um facto que chamou a atenção relaciona-se com a origem dos materiais, pois observou-se a ausência de resíduos dos produtos de síntese de aulas práticas no laboratório, o que pode ser entendido por duas situações:

Descarte no esgoto ou no lixo, ou destinação correcta (neutralização, tratamento e aterro).

Embora os reagentes com data de validade vencida não sirvam para a investigação avançada e emissão de relatórios, é possível dar-lhes um destino adequado sem que seja o descarte. Neste trabalho, mostrou-se que muitos desses produtos, inicialmente

condenáveis, podem ser utilizados em aulas práticas no ensino médio técnico e mesmo em disciplinas básicas de Química experimental de nível superior e inclusive nesse trabalho.

4.7. Relato 2 - Eliminação de resíduos pelos alunos

Este estudo, a seguir relatado, foi realizado no Instituto de Química da Universidade federal do rio Grande do Sul. e conduzido por Gerbase e al. (2006)

Na disciplina são desenvolvidas actividades teóricas e práticas relativas ao estudo dos elementos e às propriedades de seus principais compostos, além do tratamento de resíduos. O Anexo 12 contém uma tabela com as experiências realizadas pelos alunos.

Os alunos trabalharam em grupos constituídos por dois elementos, e no início de cada aula trazem impressa a ficha MSDS “Material Safety Data Sheet” contendo aspectos de segurança, cuidados no manuseamento, incompatibilidades químicas, formas de descarte, dentre outras informações, para todos os produtos a serem utilizados ou preparados na respectiva aula.

A sistemática do tratamento de resíduos aplicada nesta disciplina consistiu no desenvolvimento de acções que promovessem a redução de desperdícios, a redução ou a eliminação de substâncias tóxicas, a redução da quantidade de resíduos gerados nas experiências e, conseqüentemente, a redução de poluentes descartados no ambiente. Foram promovidas acções no sentido de se implementar os princípios da Química Limpa: prevenção, síntese de compostos de menor toxicidade, diminuição de solventes e auxiliares, eficiência energética, uso de substâncias recicladas e química segura para prevenção de acidentes.

Como todos os resíduos foram gerados nas próprias aulas experimentais de Química Inorgânica II pode assegurar - se sua composição, a menos que tenha havido

algum procedimento incorrecto por parte de um aluno, como por ex., um descarte inadequado.

Para adoptar essa sistemática, foi necessário a colaboração simultânea dos professores, do técnico de laboratório e, principalmente, dos alunos envolvidos no processo, tendo como objectivo a mudança de hábitos. Este tipo de actividade traz resultados a médio e longo prazo, além de requerer reeducação e persistência contínuas. Consequentemente, optámos por um processo de implementação que não fosse hierárquico e agressivo, mas que fosse levado adiante fundamentado pela cooperação e pela participação (co-responsabilidade). Gerbase e al. (2006)

Com este objectivo, as quantidades de reagentes e soluções utilizadas foram reduzidas à escala “semi-micro”, a qual envolve quantidades da ordem de 0,5 a 1 g e uso de material de vidro de tamanho convencional. Dessa forma, foi possível reduzir bastante as quantidades de resíduos gerados na disciplina, diminuir a exposição dos alunos a reagentes tóxicos e minimizar o risco de acidentes.

Novas práticas foram implementadas com esse objectivo. Por ex., a prática de obtenção do alúmen $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ foi substituída pela síntese do $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ eliminando, dessa forma, os resíduos de crómio que anteriormente eram gerados e que podem apresentar carácter mutagénico e carcinogénico. Os reagentes tóxicos foram substituídos por outros de menor toxicidade. Por exº., o óxido de bário, dessecante tradicionalmente utilizado na aula de Estudo do Nitrogénio, foi trocado pelo sulfato de sódio, sem nenhum prejuízo para a experiência.

Em todas as aulas práticas, os resíduos passaram a ser separados, através do uso de frascos com rótulos padronizados que permitem uma fácil identificação do conteúdo, sendo alguns processados pelos próprios alunos e descartados no esgoto, quando possível (somente no caso de soluções ácidas ou básicas neutralizadas e salinas de iões, tais como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , etc.

Os alunos foram constantemente alertados para que fosse feito um descarte consciente, cuidadoso e adequado, a fim de que fosse evitada qualquer contaminação

indesejada. O objectivo era que se tivesse sempre presente que o resíduo de hoje pode ser o reagente de amanhã e o prejuízo para o meio ambiente deve ser sempre reduzido e, quando possível, evitado.

Algumas aulas práticas de recuperação de resíduos foram modificadas.

Anteriormente, estas consistiam no tratamento de resíduos pré-determinados, geralmente oriundos de outras disciplinas ministradas no Instituto de Química, utilizando-se procedimentos descritos na literatura e procedimentos previamente estipulados. A classificação de substâncias e resíduos não identificados era feita com os métodos estabelecidos por Jardim e Cunha.

Adoptou-se então uma nova metodologia: a recuperação pelos próprios alunos dos resíduos por eles gerados na disciplina de Química Inorgânica II, com o objectivo de lhes ensinar a definir estratégias adequadas para a recuperação de resíduos e consciencializá-los da importância das questões ambientais, que estão inerentes ao trabalho do químico.

A nova metodologia foi aceite com entusiasmo pelos alunos, demonstrando a importância da contextualização no processo de aprendizagem.

Sistemática utilizada

A metodologia adoptada consistiu na recuperação dos resíduos gerados na disciplina pelos próprios alunos. As actividades iniciaram-se pelo levantamento de todos os resíduos gerados na disciplina ao longo do semestre (que anteriormente eram somente colectados selectivamente). De seguida, cada grupo escolheu um resíduo para estudo e na aula seguinte apresentou, na forma de seminário, uma ou mais propostas de tratamento pesquisadas por eles na literatura, procurando torná-los inertes ou transformá-los em matéria-prima, minimizando ao máximo os efeitos poluentes associados.

Essas propostas foram discutidas com o professor, com o técnico e com os outros alunos, a fim de se verificar a sua viabilidade ambiental, económica e de tempo. Após essa etapa, os alunos tinham 2 aulas (8h) para tratar o resíduo escolhido. O tratamento de cada resíduo possuía particularidades e níveis de dificuldade que variaram de acordo com a sua complexidade e composição.

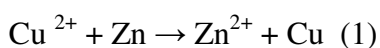
Os alunos procuraram sempre converter o material numa espécie química que fosse de interesse para a própria disciplina ou que pudesse ser utilizada noutro laboratório do Instituto de Química, mantendo-se dessa forma um intercâmbio entre os diversos sectores (Química Geral, Química Analítica, Química Inorgânica) do Departamento de Química Inorgânica e departamentos (Química Orgânica e Físico-Química) do Instituto de Química.

Gestão dos resíduos

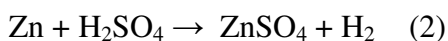
Aqui são abordadas as formas de tratamento dos resíduos sugeridos pelos grupos de alunos da disciplina, procurando a redução de danos ao meio ambiente e promovendo um desenvolvimento socialmente responsável.

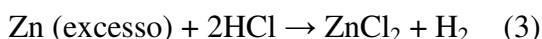
Solução de Zn^{2+} e Cu^{2+}

O resíduo é constituído por uma solução aquosa de coloração azulada em pH próximo de 1, contendo os catiões Zn^{2+} e Cu^{2+} . A reacção realizada na aula é a seguinte:



Entretanto, a reacção 2 ocorre em paralelo e o Zn em excesso é retirado com ácido clorídrico, conforme a reacção 3:





A proposta de tratamento sugerida pelo grupo de estudantes foi separar o catião Cu^{2+} na forma de CuS . Para tanto, a solução deve apresentar um pH ácido, o que já era o caso da amostra em estudo (o pH medido estava perto de 0). Um meio alcalino favorece a precipitação simultânea do catião Zn^{2+} sob a forma de ZnS .

A solução foi transferida para um copo de vidro onde foi adicionada, lentamente uma solução de Na_2S a 5% para promover a precipitação do CuS . O precipitado foi filtrado a vácuo e a operação foi repetida até que todo o ião Cu^{2+} tivesse precipitado. O sólido foi deixado na estufa a 130°C durante 2 h para secagem e a massa de CuS obtida foi de 160 g por litro de resíduo tratado.

O filtrado contendo o ião Zn^{2+} foi concentrado em banho-maria.

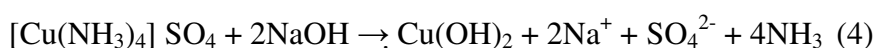
À solução foi adicionado NaOH a 50% até que o meio se tornasse fortemente alcalino, seguido da adição, a quente, de Na_2S até à completa precipitação do ZnS . O precipitado foi separado por filtração a vácuo e o sólido foi seco em estufa a 130°C e encaminhado para o CGTRQ para ser reutilizado por outras disciplinas.

O filtrado foi neutralizado com HCl , lembrando-se que o excesso de sulfureto deve ser tornado inerte mediante a adição da solução de NaClO proveniente da aula de Estudo dos Halogénios ou da solução de H_2O_2 oriunda da aula de Estudo do Oxigénio. Após esse tratamento, o filtrado pode ser descartado no esgoto.

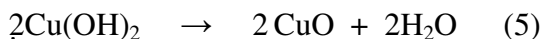
Solução de Cu^{2+}

O resíduo é constituído de uma solução aquosa de coloração azulada em pH próximo de 9, contendo as espécies $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ e SO_4^{2-}

À solução foi adicionada, na hote, uma base forte (NaOH 3 mol L^{-1}) sob aquecimento, para deslocar o equilíbrio e libertar a amónia:



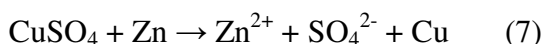
Com o aquecimento progressivo, foi observada a seguinte reacção:



O CuO foi separado da água através de decantação. O tratamento poderia ter terminado nessa etapa e o CuO seria utilizado na aula de Nitrogénio. Sabendo que a procura deste reagente na disciplina era baixa, optou-se por seguir uma rota de tratamento que levasse à formação de Cu metálico. O sólido foi aquecido para evaporar a água remanescente e foi-lhe adicionado H_2SO_4 3 mol L^{-1} :



Para promover a redução do Cu^{2+} a Cu, foi adicionado Zn metálico em leve excesso:



O cobre foi decantado da solução, lavado com água, etanol, acetona e seco em estufa a 100 °C por 20 min. O cobre recuperado foi reutilizado na aula de Ciclo do Cobre e a solução de ZnSO_4 foi encaminhada para o sector da Química Analítica Qualitativa, onde é usada como solução problema para identificação do catião Zn^{2+} , evitando que para estas disciplinas tenham que ser preparadas novas soluções deste sal.

Solução de Ni^{2+}

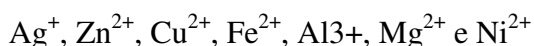
O resíduo constituído por uma solução aquosa contendo Ni^{2+} , NH_4^+ e SO_4^{2-} foi aquecido a 80 °C para expulsar a amónia, segundo a reacção:



A libertação total da amónia foi constatada utilizando-se o reagente de Nessler. A temperatura foi elevada para 100 °C para evaporar a água. O sólido obtido foi lavado com etanol, acetona e seco em estufa a 105 °C por 20 min. Uma vez seco, este sólido pode ser utilizado como material de partida na mesma prática que originou o resíduo.

Mistura de catiões

O resíduo é composto por uma solução aquosa contendo os seguintes catiões:



O método geralmente recomendado para tornar inertes resíduos contendo metais pesados é a precipitação através da formação de sais insolúveis, normalmente hidróxidos, sulfuretos ou cloretos.

O resíduo foi concentrado em banho-maria até aproximadamente um terço do volume original e foi-lhe adicionado, gota a gota, uma solução de ácido clorídrico 3 mol L⁻¹ até à completa precipitação de AgCl. O precipitado formado foi filtrado a vácuo e seco em estufa a 105 °C, por 1 h, obtendo-se cerca de 1 g de AgCl por litro de resíduo tratado.

Para a precipitação de CuS, foram adicionados, em banho- maria, HCl 12 mol L⁻¹ e solução de tioacetamida 0,1 mol L⁻¹. O sólido formado foi separado da solução por filtração a vácuo.

À solução, foram acrescentadas soluções de NH₄OH 3 mol L⁻¹ e tioacetamida 0,1 mol L⁻¹. Verificou-se a formação de um precipitado castanho claro em meio básico, formado por uma mistura de Fe(OH)₃, Al(OH)₃, ZnS e NiS. A solução remanescente foi neutralizada com HCl diluído e descartada no esgoto. A mistura sólida foi enviada ao CGTRQ para destino final.

Solução de Al^{3+}

O objectivo do grupo de alunos era precipitar o catião Al^{3+} sob forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$, para ser utilizado na aula de Precipitação e Cristalização para formação do alúmen de potássio.

À solução de Al^{3+} foi adicionada uma alíquota de solução tampão de ácido acético/acetato de sódio ($\text{pH} = 4$), seguida de uma solução de NaOH 6 mol L^{-1} que provocou a formação de uma suspensão.

Após 5 dias em repouso, o material foi separado por filtração a vácuo e o precipitado foi seco em estufa a 105°C por 1 h. Foram obtidos 9 g de $\text{Al}(\text{OH})_3$ por litro de resíduo tratado, que foi armazenado.

A solução foi testada com algumas gotas do reagente aluminon e não se observou a formação de flocos vermelhos de $\text{Al}(\text{OH})_3$ com aluminon adsorvido, indicando a ausência de alumínio na solução.

Sendo assim, a solução pôde ser neutralizada com HCl 3 mol L^{-1} e descartada no esgoto.

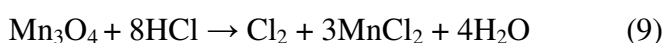
Dióxido de manganês e ácido clorídrico concentrado

O resíduo a ser recuperado era constituído por uma mistura de MnO_2 sólido e uma solução contendo Mn^{2+} e HCl .

O objectivo desta recuperação era encontrar uma via de tratamento que permitisse, de forma económica e segura, a obtenção de um insumo de interesse na disciplina, além da inertização e do descarte dos eventuais resíduos remanescentes.

O MnO_2 é utilizado na obtenção de Cl_2 pelo processo de Scheele.

Entretanto, segundo a obtenção de Cl_2 pode ser feita a partir de Mn_3O_4 , de menor toxicidade, de acordo com a reacção (9):



Sendo assim, foi proposta a transformação do resíduo em Mn_3O_4 .

Em banho de gelo e sob agitação constante, foi adicionada solução de NaOH a 50% (m/m) ao resíduo, observando-se a formação de um precipitado escuro. O precipitado foi filtrado em funil de Büchner e lavado exaustivamente com água destilada, até completa eliminação de cloretos. A presença de cloretos foi testada adicionando-se uma gota de AgNO_3 0,1 mol L^{-1} a uma alíquota de 1 mL do filtrado. Quando não se observou mais a presença de cloretos na solução, a mesma foi neutralizada e descartada no esgoto.

Para converter a mistura obtida em Mn_3O_4 , a mesma foi aquecida em mufla com temperatura programada para quatro estágios diferentes, 400, 600, 800 e 1000 °C, e a cada estágio foi retirada uma amostra para ser analisada por difracção de Raios X, obtendo-se o melhor difractograma para o sólido aquecido a 1000 °C, observando-se a presença dos picos correspondentes aos de uma amostra padrão.

Embora não tenha sido purificado, o produto obtido foi utilizado como substituinte da pirolusite na reacção de obtenção do cloro gasoso. O sólido foi colocado num frasco de reacção onde se adicionou, gota a gota, ácido clorídrico concentrado. O conjunto foi aquecido e os gases desprendidos fizeram-se borbulhar num tubo de desprendimento de gases com água. O gás borbulhado possuía cor e odor característicos de cloro.

A via de tratamento escolhida pelo grupo mostrou-se viável, produzindo-se 96 g de Mn_3O_4 por litro de resíduo tratado. O sólido foi acondicionado em recipiente de vidro, rotulado e encaminhado para o armazém sectorial para substituição da pirolusite na obtenção de cloro gasoso nos semestres subsequentes.

Dióxido de manganês e traços de peróxido de hidrogénio

Este resíduo é proveniente da aula de Estudo do Oxigénio, na qual o peróxido de hidrogénio é decomposto com MnO_2 . Para se certificar de que todo peróxido havia sido decomposto, foi medida a concentração de O_2^{2-} na solução com uma fita indicadora de

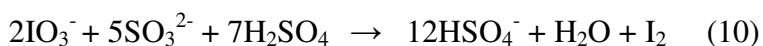
peróxidos (“perex–test”). Como o teste deu resultado positivo, a solução foi aquecida lentamente para acelerar a sua decomposição.

A solução foi arrefecida e o teste foi repetido. Confirmada a ausência de peróxidos, a mistura foi filtrada a vácuo e o sólido seco em estufa a 105 °C por 1 h. O grupo recuperou cerca de 96 g de MnO₂ por litro de suspensão, que pode ser utilizado nos semestres subsequentes na mesma prática que lhe dera origem ou na produção de cloro gasoso pelo processo de Scheele.

Iodo

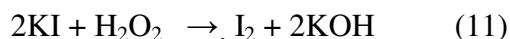
O resíduo a ser recuperado é formado por iodeto, iodato de potássio e iodo livre. A presença de iodo livre conjuntamente com iodeto confere à mistura uma coloração castanha escura.

Inicialmente, foi testada a presença de iodatos adicionando-se uma alíquota de 2 mL da amostra num tubo de ensaio, acidificando-se com ácido sulfúrico e adicionando-se 2 a 3 gotas de solução de sulfito de sódio 1 mol L⁻¹. A coloração vermelha acentuou-se e o aparecimento de um precipitado fino de coloração escura (I₂) demonstrou a presença de iodato na amostra, de acordo com a reacção :



Confirmada a presença de iodatos na amostra, a solução original foi acidificada com ácido sulfúrico e foi acrescentada outra porção do resíduo de iodeto, a fim de provocar a redução dos iodatos. O processo foi realizado em diversas etapas, retirando-se alíquotas de 1 mL de solução e testando-se em tubo de ensaio a continuação da formação de I₂ mediante a adição de ácido sulfúrico, H₂SO₄, e sulfito de sódio, Na₂SO₃ até que não se percebesse mais qualquer modificação na solução, confirmando a total eliminação dos iodatos.

O iodo foi precipitado pela oxidação dos iodetos com peróxido de hidrogénio a 20 volumes, segundo a reacção:



O iodo formado foi rapidamente separado do H_2O_2 por filtração e lavagem com H_2O , para evitar reacções subsequentes que levariam à formação de iodatos, e colocado em cápsula de porcelana em banho de areia. Ao lado dessa cápsula foi acoplado um cadinho contendo ácido sulfúrico concentrado, para eliminar a humidade. O conjunto foi encoberto por campânula de vidro com condensador. Após o aquecimento do banho de areia, o iodo sublimou e solidificou nas paredes do condensador.

O iodo foi raspado do condensador e armazenado num recipiente escuro bem vedado, para uso na disciplina nos próximos semestres.

Foram obtidos 30 g de iodo por litro de resíduo recuperado.

Enxofre

O resíduo era composto por enxofre, solução aquosa de Na_2SO_4 e acetona. A acetona contida no resíduo foi separada dos demais componentes em evaporador rotativo e reaproveitada na própria disciplina. O enxofre elementar foi separado da solução através de filtração a vácuo, seco em excicador com sílica-gel, obtendo-se cerca de 15 g de enxofre elementar por litro de resíduo tratado. O enxofre seco foi armazenado para ser utilizado na disciplina nos semestres subsequentes.

Solução de Ba^{2+}

O resíduo era composto por duas fases: uma sólida contendo carbonato de bário e a outra aquosa contendo iões Ba^{2+} e OH^- .

A solução contendo Ba^{2+} apresenta elevado risco, devido à toxicidade deste íon.

O levantamento bibliográfico levou à conclusão de que a melhor forma de recuperar este material seria transformá-lo em sulfato de bário. O sal é pouco solúvel em água e é utilizado como meio de contraste no estudo radiológico do sistema digestivo.

Inicialmente adicionou-se ácido clorídrico concentrado a fim de solubilizar todo o precipitado. A etapa seguinte consistiu na precipitação da solução contendo os íons Ba^{2+} e Cl^- com ácido sulfúrico. Para confirmar que todo Ba^{2+} havia sido precipitado sob a forma de sulfato de bário, foram retiradas pequenas alíquotas, que após serem centrifugadas, receberam algumas gotas de ácido sulfúrico. Não havendo mais turvação da solução, foi possível confirmar que todo o Ba^{2+} havia precipitado na forma de sulfato.

O precipitado (cerca de 4,5 g por litro de resíduo) foi separado por filtração a vácuo e encaminhado para o CGTRQ para ser utilizado por outras disciplinas. O filtrado foi descartado no esgoto, após neutralização com NaOH.

Solução de Sr^{2+}

Proveniente da aula de Estudo do Carbono, apresentava-se na forma de uma suspensão alcoólica de carbonato de estrôncio. As soluções contendo Sr^{2+} apresentam elevado risco, devido à toxicidade deste íon, mas foi relativamente fácil de ser tratada.

O precipitado foi separado da solução através de filtração a vácuo, lavado com etanol e acetona e seco em estufa por 1 h. O SrCO_3 assim recuperado (cerca de 4 g por litro de resíduo tratado) foi reutilizado na aula de Estudo do Carbono, a mesma que havia dado origem ao resíduo.

A uma alíquota do filtrado concentrado a um terço do volume original, foi adicionado, gota a gota, ácido sulfúrico 3 mol L^{-1} . Como não foi observada a turvação da solução, confirmando-se a ausência de Sr^{2+} , a mesma foi neutralizada com hidróxido de sódio 1 mol L^{-1} e descartada no esgoto.

Conclusões

Através da sistemática de gestão e recuperação de resíduos implementada na disciplina de Química Inorgânica II do curso de Química da UFRGS pretendia-se consciencializar-se os alunos sobre a sua responsabilidade para com o meio ambiente e desenvolver nos alunos atitudes voltadas para a sua preservação. Um dos objectivos desse trabalho, pioneiro entre estudantes do 3º semestre de graduação, era habilitá-los a definirem estratégias adequadas para a recuperação de resíduos, uma mais-valia na formação de um aluno.

Esse objectivo foi alcançado, uma vez que os alunos demonstraram maior segurança em laboratório, desenvolveram uma técnica de trabalho mais meticulosa e formaram uma consciência ética e ambiental. Além disso, a prática auxiliou na assimilação dos conteúdos teóricos e, principalmente, mudou o hábito do futuro profissional de química, que passou a trabalhar com mais consciência nos seus procedimentos diários.

Com os resultados obtidos nesse período, verificamos que é possível implementar com sucesso um programa de Produção Mais Limpa e de Prevenção à Poluição em laboratórios, uma vez que as acções promoveram a diminuição dos resíduos gerados na disciplina e a maior consciencialização dos estudantes quanto ao seu papel enquanto químicos. É evidente que a nossa proposta não é a única possível mas, face aos resultados obtidos, entendemos que este projecto pode ser utilizado noutros laboratórios, desde que sejam feitas algumas modificações, levando-se em conta as particularidades de cada disciplina.

Uma universidade que trata o problema ambiental com seriedade, procurando proteger o ambiente e a sociedade em que está inserida, que implementa projectos de ensino associados à educação ambiental e que utiliza boas práticas em laboratório é, com certeza, uma referência para o ensino.

Capítulo 5 - O Ensino por Projectos

5.1. Considerações Gerais

O trabalho com projectos ou o método de projectos tornou-se conhecido, a partir da divulgação do movimento conhecido como Escola Nova, contrapondo-se aos princípios e métodos da escola tradicional.

O trabalho de Projecto tem como base as ideias de alguns pedagogos seguidores da linha de pensamento de John Dewey, que defendia a “aprendizagem pela acção”, contrapondo-a à aprendizagem mecânica, formal, do ensino tradicional.

Como método de trabalho pedagógico, foi teorizado por William H. Kipatrick, um dos mais conhecidos seguidores de Dewey.

O trabalho é orientado para a resolução de um problema. Este deve obedecer a certas características:

- Ser considerado importante e real por cada um dos participantes;
- Ser profissionalmente relevante para todos os participantes e/ou permitir aprendizagens novas;
- Ser de natureza tal que tenha que ser estudado/resolvido tendo em conta as condições da sociedade em que os alunos vivem. Castro & Ricardo (1993).

O trabalho desenvolve-se nas seguintes fases:

- Escolha do problema;
- Escolha e formulação dos problemas parcelares;
- Preparação e planeamento do trabalho;
- Trabalho de campo;

- Ponto da situação;
- Tratamento das informações recebidas; preparação do relatório e da apresentação;
- Apresentação dos trabalhos;
- Balanço. Castro e Ricardo (1993).

Ainda segundo estes autores, o trabalho de projecto terá como objectivos:

- Praticar competências sociais, tais como a comunicação, o trabalho em equipa, a gestão de conflitos, a tomada de decisões e a avaliação de processos;
- Aprender fazendo, relacionando a teoria com a prática e promovendo a interdisciplinaridade;
- Realizar aprendizagens e desenvolver múltiplas capacidades;
- Aprender a resolver problemas, partindo das situações e dos recursos existentes.
- A capacidade de conceber, conduzir ou participar em projectos é, sem dúvida, uma competência da maior importância e deve constituir uma dimensão essencial na formação dos alunos de todos os níveis de ensino. Ferreira (2004)
- O ensino com base em projectos pode desenvolver nos alunos competências essenciais para a vida profissional, social, e mesmo pessoal. Permite lidar com a diversidade e individualidade e integrar importantes vertentes da educação em ciências. Ferreira (2004).

Ainda segundo este autor:

“A participação em projectos permite desenvolver capacidades de trabalho tais como a persistência, a responsabilidade e o espírito de equipa, que são muito úteis à completa construção da personalidade do indivíduo. Trabalhar em projectos permite envolver os alunos na abordagem de temas e problemáticas locais, regionais ou globais,

com relevância para a sua educação científica, implicando quase sempre uma motivação elevada para a aprendizagem.

Um ensino com base em projectos implica a adopção de metodologias adequadas. A pesquisa, selecção, tratamento e divulgação de informação são, sem dúvida, tarefas importantes em qualquer projecto. Também a organização de eventos lhes pode conferir um maior dinamismo. Mas, tratando-se de projectos de ensino/aprendizagem de ciências, eles podem, e devem, envolver o trabalho laboratorial (preferencialmente de carácter investigativo), a resolução de problemas e mesmo a abordagem de assuntos científicos controversos.”

5.2. Planificação e desenvolvimento de uma actividade para a disciplina de projecto.

5.2.1. Planificação

Escola Secundária D. Pedro V

Planificação da Disciplina de Projecto

12º Ano

Período lectivo	Tema	Nº de aulas
1º	Orientação Vocacional e Profissional Projecto Laboratorial: a gestão dos resíduos do Laboratório de Química	28
2º	“Agir localmente, pensando globalmente” Projecto Laboratorial: a gestão dos resíduos do Laboratório de Química (continuação)	24
3º	“Agir localmente, pensando globalmente” Projecto Laboratorial: “Recuperar prata das radiografias por processos caseiros”	16

Introdução / Objectivos

A Área de Projecto (AP) é uma área não curricular com uma natureza interdisciplinar e transdisciplinar que se concretiza na realização de projectos concretos por parte dos alunos, com o objectivo de desenvolver uma perspectiva integradora do saber.

Esta área tem como principais finalidades:

- Promover a orientação escolar e profissional dos alunos, relacionando os projectos desenvolvidos com os seus contextos de trabalho e saídas profissionais em particular e com os seus contextos sociais em geral;
- Favorecer o desenvolvimento de atitudes de responsabilização pessoal e social dos alunos na construção dos seus percursos académicos e profissionais e os seus projectos de vida;
- Desenvolver o sentido da responsabilidade de cada aluno nos processos de mudança pessoal e social;
- Valorizar como metodologia de trabalho a prática inter e transdisciplinar;
- Estimular o desenvolvimento de uma cultura de avaliação e aperfeiçoamento contínuos;
- Preparar para o prosseguimento de estudos e inserção no mercado de trabalho;
- Valorizar o debate intelectual como meio adequado à resolução de problemas, esclarecimento de dúvidas, confrontação de ideias e apresentação de críticas.
- Fomentar uma prática de inovação e de espírito empreendedor.

Tendo em conta as finalidades da AP, as competências a desenvolver e que fazem e que fazem parte integrante da formação do aluno assim como as aprendizagens essenciais que o aluno deve adquirir ao longo do ano estabeleceu-se a metodologia a adoptar durante o ano lectivo.

Assim estabeleceu-se a elaboração, num primeiro momento, de uma série de trabalhos a realizar durante o primeiro período com o objectivo de “promover a orientação escolar e profissional dos alunos”, o desenvolvimento de técnicas de recolha, tratamento e apresentação de informação. Num segundo momento, a decorrer no 2º e 3º períodos, os alunos vão desenvolver o projecto escolhido, em que para além deste objectivo e partindo das competências e aprendizagens adquiridas, terá como meta principal a prossecução das finalidades definidas para a AP.

Calendarização

1º PERÍODO

Actividades e Trabalhos sobre “Orientação Vocacional”

Objectivos:

- Promover a orientação escolar e profissional dos alunos;
- Recolher elementos para melhor optar pelas soluções disponíveis;
- Conhecer as saídas profissionais em particular relacionando-as com os contextos sociais em geral;
- Desenvolver técnicas de pesquisa, tratamento e apresentação de informação, quer escrita, quer oral.

ACTIVIDADE:

Palestra com ex-alunos da escola sobre acesso ao ensino superior, em que se procurará:

- Promover um debate entre ex-alunos e alunos do 12ºano;
- Esclarecer dúvidas relacionadas com o acesso ao ensino superior (médias, matrículas, exames, etc.);
- Conhecer o currículo dos vários cursos, de modo a que os alunos que os escolham possam atempadamente saber o tipo de cadeiras que irão ter;
- Promover uma orientação vocacional tendo em conta não só as aspirações dos alunos como também as capacidades por eles evidenciadas;
- Divulgar as saídas profissionais associadas a diversos cursos (orientação profissional).

TRABALHOS A DESENVOLVER:

1º - Elaboração de uma base de dados

Com a “Pesquisa de informação relativa aos cursos universitários que pretendem frequentar, concretamente o currículo, médias de entrada, universidades que os disponibilizam, etc.”

Trabalho de grupo sendo o resultado apresentado na página da escola.

2º - Elaboração de um poster (cartolina)

Em que se faz a caracterização do curso superior que cada aluno pretende frequentar;

Trabalho individual sendo o resultado exposto num *placard* da escola.

3º - Elaboração de um folheto com o objectivo de apresentar um curso superior;

Trabalho individual sendo o resultado divulgado no dia da apresentação oral em powerpoint aos colegas da turma.

4º - Apresentação em Power point

De um curso superior, em que para além da sua caracterização deverá constar de forma pormenorizada as saídas profissionais que proporciona.

Trabalho individual, em powerpoint, sendo a apresentação (aos colegas da turma), feita no decorrer do 1º período

5º - Elaboração de um inventário dos resíduos existentes no laboratório de química:

Para cada um deles, encontrar a respectiva ficha informativa (MSDs);

Pesquisar, o procedimento mais adequado para a sua eliminação.

2º e 3º PERÍODOS

Actividades e Trabalhos sobre tratamento de resíduos e Recuperação da prata das radiografias.

Os dois grandes projectos a serem desenvolvidos pelo 12º ano (Química) são o tratamento de resíduos do laboratório de Química (2º Período) e a recuperação da prata das radiografias (3º Período).

No início do ano lectivo, ao se abordarem, pela primeira vez na turma, as finalidades, competências, aprendizagens e metodologias a implementar em AP, deverá decidir-se desenvolver um projecto aglutinador que tenha em conta o percurso escolar

dos alunos assim como as suas perspectivas académicas e profissionais. Tendo em consideração estes pressupostos deverá optar-se como tema do projecto de turma a relação da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), não numa perspectiva abstracta como tantas vezes acontece, mas sim privilegiando o concreto.

São temas actuais e recorrentes na sociedade actual a crise energética, as questões ambientais (com a poluição no topo), bem como a questão do mercado de trabalho, cada vez mais específico, competitivo e exigente e onde o empreendedorismo poderá ser a solução para alguns dos nossos alunos.

ACTIVIDADE

Reduzir, Reutilizar, Reciclar: Recuperar a prata das radiografias

Competências

Esta Área de Projecto tem como base a disciplina de Química, enquanto disciplina eminentemente laboratorial.

A Química tem como finalidade criar condições para que os alunos que a ela acedam, no final do Ensino Secundário, possam alargar o seu leque de competências.

Tomam-se como referência competências que autores contemporâneos e organizações como a OCDE consideram serem fundamentais para a promoção da literacia científica. São três as dimensões de competências a considerar: os saberes, as acções e os valores, as quais no caso da Química poderão ser as seguintes:

A dimensão dos saberes inclui:

- Competências de conteúdo (conhecimento declarativo e conceptual do domínio da Química);
- Competências epistemológicas (visão geral sobre o significado da Ciência, e da Química em particular, como forma de ver o mundo, distinta de outras interpretações).

A dimensão das acções inclui:

- Competências de aprendizagem (capacidade para usar diferentes estratégias de aprendizagem e modos de construção de conhecimento científico);
- Competências sociais (capacidade para cooperar em equipa de forma a recolher dados, executar procedimentos ou interpretar informação científica);
- Competências processuais (capacidade para observar, experimentar, avaliar, interpretar gráficos, mobilizar destrezas matemáticas; usar modelos; analisar criticamente situações particulares, gerar e testar hipóteses);
- Competências comunicativas (capacidade para usar e compreender linguagem científica, registar, ler e argumentar usando informação científica).

A dimensão dos valores diz respeito a competências éticas (conhecimento de normas e sua relatividade em contextos locais e temporais).

Estratégias e Recursos

Tema 1: “Orientação Vocacional”

O desenvolvimento do projecto decorrerá em oito etapas:

Etapas 1: Escolha do Curso sobre o qual os alunos terão de apresentar os seus trabalhos.

Etapa 2: Endereçar convite a ex-alunos nas áreas/cursos escolhidas pelos alunos na Etapa 1.

Etapa 3: Palestra com ex-alunos, na sala de audio-visuais.

Etapa 4: Realização do trabalho sobre as médias de entrada (página da escola).

Etapa 5: Elaboração da cartolina sobre o curso escolhido.

Etapa 6: Realização do panfleto sobre o curso escolhido (em Microsoft Publisher).

Etapa 7: Elaboração do trabalho, em Microsoft Powerpoint, sobre o curso escolhido.

Etapa 8: Apresentação oral, na sala de audiovisuais, do trabalho aos colegas da Turma.

Tema 2: Agir localmente, Pensando globalmente

O desenvolvimento do projecto decorrerá em cinco etapas:

Etapa 1: Pesquisa documental sobre o tema.

Etapa 2: Elaboração do panfleto apelando à participação da comunidade educativa.

Etapa 3: Elaboração de um inventário dos resíduos químicos laboratoriais.

Etapa 4: Encontrar, para cada um deles, a respectiva ficha informativa.

Etapa 5: Estudar, para cada um deles, qual o tratamento mais adequado para a sua eliminação.

Tema 3: Tratamento de resíduos (continuação)

O desenvolvimento do projecto decorrerá em seis etapas:

Etapa 1: Pesquisa documental sobre os protocolos a realizar.

Etapa 2: Elaboração dos protocolos experimentais.

Etapa 3: Elaboração de um Guia de Segurança.

Etapa 4: Realização desses protocolos experimentais, reformulando-os se for necessário (ou substituindo por outros caso a experiência não surta os resultados desejados).

Etapa 5: Elaboração de um relatório sobre as actividades experimentais.

Etapa 6: Elaboração das cartolinas sobre as actividades experimentais.

Tema 4:”Recuperação da prata por processos caseiros”

O desenvolvimento do projecto decorrerá em cinco etapas:

Etapa 1: Pesquisa documental sobre o metal prata.

Etapa 2: Elaboração de um Guia de segurança para utilizar na actividade.

Etapa 3: Realização da actividade laboratorial.

Etapa 4: Elaboração do relatório sobre a actividade laboratorial.

Etapa 5: Apresentação e divulgação dos resultados num *placard* da escola.

Avaliação

A avaliação contínua dos alunos incidirá sobre um conjunto de competências, genéricas e específicas (ver ponto 3), que estão subjacentes ao desenvolvimento do trabalho em AP.

Competências	Caracterização
Atitude de rigor	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de observação sistemática. • Respeito pelas fontes. • Cumprimento dos procedimentos metodológicos da investigação científica. • Certificação/verificação. • Apresentação formal dentro das normas bibliográficas estabelecidas na área científica do aluno.
Colaboração	<ul style="list-style-type: none"> • Participação nas actividades de grupo (planificação/distribuição e responsabilização das tarefas). • Disponibilidade para trabalhar com qualquer equipa. • Co-responsabilização na representação do grupo. <ul style="list-style-type: none"> - Solidariedade. - Flexibilidade. - Autonomia.
Planeamento	<ul style="list-style-type: none"> • Construção e fundamentação da visão do projecto. • Definição de finalidades/perguntas orientadoras. • Selecção e organização de dados. • Inventariação de recursos. • Antecipação de constrangimentos e de estratégias de superação. • Selecção de metodologias. • Calendarização de tarefas. • Avaliação periódica e final. • Selecção de suportes de divulgação.
Comunicação	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentações orais e escrita do projecto. • Adequação de suportes de comunicação ao auditório/público-alvo. • Mobilização dos recursos disponíveis, nomeadamente informáticos.
Reflexão/avaliação	<ul style="list-style-type: none"> • Reestruturação e reformulação do projecto e dos processos de realização em função da reflexão pessoal, da autocrítica, do feedback dos professores, colegas, entre outros.

A avaliação, de natureza eminentemente formativa, incidirá sobre as competências a desenvolver e fará recurso a diversas técnicas e instrumentos de avaliação:

Grelha de observação do trabalho de aula (elaboração dos diversos trabalhos ao longo do ano);

Grelha de classificação de desempenho laboratorial (aquando da realização da actividade experimental

Grelha de classificação de trabalhos escritos e/ou orais (relatórios das actividades laboratoriais; apresentação oral do trabalho sobre “Orientação Vocacional” bem como o respectivo Powerpoint e Panfleto; Panfletos em Publisher;

e

Grelha de atitudes (Participação, Assiduidade/Pontualidade, Responsabilidade, Organização, Respeito pela opinião dos colegas, Comportamento, etc.)

Os critérios de avaliação são os que foram definidos em sede de Departamento e aprovados em Conselho Pedagógico.

5.3. Proposta de Actividade - “Reduzir, Reutilizar, Reciclar”

Introdução

Hoje, nas sociedades desenvolvidas, o problema dos resíduos sólidos já acumulados e sempre em crescimento, é um assunto complexo que diz respeito a todos porque todos somos produtores de lixo.

Em Portugal existem ainda muitas lixeiras ou vazadouros, onde os lixos não recebem tratamento adequado, constituindo uma situação preocupante.

Como acabar com o risco que representam, substituindo-os por outros sistemas de tratamento de lixo? Que escolher? Aterros sanitários, incineradoras, estações de compostagem com triagem selectiva?

E onde situá-los tendo em conta, simultaneamente, aspectos ambientais e socioeconómicos?

O que sabemos das condições de tudo isto, das vantagens e inconvenientes das diferentes opções, para podermos ter uma opinião pertinente e intervir?

Como conseguir os consensos necessários para decidir pelas soluções mais justas e adequadas?

Enfim, quando aceitaremos admitir que temos que partilhar dificuldades para as quais contribuímos, corrigindo comportamentos pessoais?

Vivemos actualmente num mundo ameaçado por múltiplos desequilíbrios – poluição, esgotamento dos recursos, assimetrias regionais, sociais e económicas.

No entanto, dispomos de tecnologias poderosas que, usadas com sabedoria, nos poderão servir para ultrapassar com êxito as preocupações e os problemas que nos atingem.

O grande desafio será o de conseguirmos em conjunto, construir um mundo mais equilibrado e mais justo, mais harmonioso.

Aceita-se que o caminho para o futuro comum, que desejamos, passa pelo compromisso assumido, por todos e por cada um, com o código de conduta dos três R's: reduzir, reutilizar e reciclar.

Reduzir os gastos e os desperdícios, revalorizando a simplicidade, distinguindo o supérfluo do essencial, optando pela quantidade face à qualidade.

Reutilizar objectos e bens, agindo com criatividade, redescobrimos novos usos e funções para o que nos cerca; reencontrar outras soluções para as pequenas e as grandes opções do quotidiano.

Reciclar desperdícios e resíduos vários – papel, metal, vidro, matérias orgânicas – restituindo à produção matérias-primas escassas e valiosas.

Em síntese, trata-se de reinventar formas de viver e conviver mais reflexivas e solidárias, de redistribuir e compartilhar benefícios e esforços que sustentem um progressivo desenvolvimento social integrado.

Para isto a escola tem um papel fundamental, não só na formação científica mas também cívica dos alunos e na consciencialização das famílias e de toda a comunidade escolar.

Como tal é proposta a seguinte actividade:

Actividade: Educação Ambiental em Aula de Química

- Como podemos reduzir os desperdícios que produzimos?
- O que podemos reutilizar em nossas casas, na escola e na comunidade?
- O que podemos reciclar?

Sabia que...

Reciclar é melhor que desperdiçar, reutilizar é melhor que reciclar, mas reduzir o consumo é ainda muito melhor?

Alguns ambientalistas admitem que 70% a 90% do nosso lixo pode ser reutilizado e reciclado.

Reciclar uma lata de alumínio gasta 95% menos energia que produzi-la a partir do minério.

Reciclar plásticos custa duas vezes menos energia que queimá-los numa incineradora.

Alumínio, vidro e aço podem ser reciclados quase indefinidamente.

5% das pessoas do mundo produzem 40% dos lixos totais.

Após uma era de consumismo sem precedentes, começa a ganhar forma uma nova era marcada pela consciencialização, individual e colectiva, de que os recursos da terra são finitos e que não é possível continuar a consumir indiscriminadamente e a produzir lixo sem comprometer a qualidade de vida das gerações actuais e a sobrevivência das gerações futuras.

As diversas formas de tratamento ou de armazenamento de lixos apresentam graves problemas económicos e ambientais.

A consciencialização das implicações, a nível do ambiente e da saúde das pessoas, da localização de novos aterros sanitários ou incineradoras, está bem evidente nas mediáticas manifestações das populações mais directamente afectadas.

Simultaneamente, começa a impor-se, com muita força, a ideia de que a maior parte dos desperdícios não são lixo, ou seja, para deitar fora, e as actividades ligadas ao aproveitamento e tratamento dos desperdícios anunciam-se florescentes nos próximos anos.

Reduzir o consumo e reutilizar os produtos e materiais são os dois primeiros passos na protecção do ambiente e na poupança de recursos e de energia. Reciclar poupa os recursos mas gasta energia embora, na maior parte dos casos, em muito menor quantidade do que fazer o produto da matéria-prima original.

A acrescentar aos três R's anteriores, já considerados clássicos, outros princípios se preconizam para se conseguir o tão falado desenvolvimento sustentável: revalorizar novos valores, baseados nas relações humanas, criatividade, arte, cultura, espiritualidade, sintonia com a natureza, que definem a qualidade de vida mais do que o consumo de bens materiais não essenciais; reestruturar os sistemas económicos dando prioridade à produção de bens para atender às necessidades humanas básicas.

Ao nível da acção individual é possível poupar muitos desperdícios se tivermos em conta uma selectividade no consumo, se procurarmos reutilizar o mais possível as embalagens e os produtos e se reciclarmos ou separarmos para serem reciclados os produtos com características para tal. Com as compras selectivas, para evitar os plásticos e reduzir o papel usado, podemos poupar 10% a 20 % dos desperdícios domésticos.

A relação entre as nossas acções e o seu efeito no ambiente é directo e imediato. Usando um copo de vidro ou de cerâmica em vez de plástico eliminamos os desperdícios de plástico, poupamos produtos da petroquímica e protegemos o ambiente.

Recuperação da prata das radiografias usando recursos caseiros

Nenhum outro metal se encontra tão disseminado como a prata. Cada um de nós certamente possui em casa materiais contendo prata. Sem falar dos espelhos, objectos decorativos, moedas, medalhas comemorativas, talheres e jóias, todos nós possuímos fotografias a branco e preto e os seus negativos e também radiografias. Estes dois últimos materiais constituem verdadeiras fontes secundárias de prata. A recuperação dessa prata é uma actividade bastante lucrativa. É também uma actividade bastante interessante do ponto de vista didáctico pois, além da motivação inicial provocada por um metal nobre, pode-se usar a experiência da recuperação da prata para aplicar ou ilustrar conceitos químicos. Este trabalho experimental sobre a recuperação da prata das radiografias ou dos negativos das fotografias a preto e branco pode ser realizado usando recursos caseiros e reagentes facilmente disponíveis no comércio. Neste processo, os filmes são “atacados” com uma solução de lixívia (hipoclorito de sódio), a qual remove a gelatina contendo prata dispersa, deixando a base de acetato totalmente limpa (pode ser reciclada). A lama formada contendo prata oxidada é decantada e fervida com uma solução cáustica de sacarose. Ocorre a formação de prata metálica, que apesar de não

apresentar o brilho típico desse metal, tem todas as suas propriedades químicas. Pode-se fazer a granulação dessa prata, refinando-a por fusão com bórax, usando-se um maçarico alimentado por GPL (gás de petróleo liquefeito) e ar comprimido. Assim consegue-se grânulos de prata que podem ser comercializados.

Parte Experimental

Precauções a tomar:

Usar luvas, óculos de protecção e bata, e siga rigorosamente as normas de segurança que foram anteriormente elaboradas.

Procedimento

Num recipiente descartável de boca larga (pode-se cortar a boca das embalagens comerciais da lixívia ou também baldes de plástico) de dimensões adequadas às chapas a serem processadas, coloca-se solução de lixívia, diluída em água numa proporção aproximada de 3:2.

Faz-se a imersão das chapas de modo que não colem entre si. Isso pode conseguir-se colocando-as na posição vertical. Para isso as chapas podem ser penduradas num suporte tipo “estendal”, usando-se molas da roupa; outra alternativa é furar as chapas na parte superior central com um fio grosso de arame aquecido e passar um fio de nylon (do tipo usado nos estendais da roupa) através do buraco, fazendo-se um nó entre cada duas chapas e deixando livre as duas pontas do fio. As chapas mergulhadas na solução são movimentadas para cima e para baixo segurando-se nas pontas do fio. Com isso, em pouco tempo (alguns minutos) consegue-se o desprendimento da gelatina contendo a prata. Se restar algum material gelatinoso aderente à chapa deve-se esfregá-la, uma a uma, usando uma luva de plástico caseira e enxaguando-a. Com esta operação a base de

plástico fica totalmente limpa e pode ser reciclada. A solução de hipoclorito de sódio pode ser usada várias vezes bastando para isso que se reforce a solução colocando mais lixívia, sem diluição.

Aguarda-se cerca de 24 horas para que a lama sedimente. Esta lama, inicialmente escura, vai clareando devido à transformação da prata em cloreto de prata (AgCl), em função da acção oxidante do hipoclorito de sódio.

Decanta-se a solução sobrenadante (pode ser aproveitada para tratamento de novo lote de chapas, após reforço da solução) deixando somente o lodo sedimentado. Neste lodo estão presentes o cloreto de prata (AgCl) e alguma prata que ainda não foi oxidada além do óxido (devido ao meio alcalino da lixívia) e de material orgânico ainda não hidrolisado.

Transfere-se o lodo para um recipiente descartável, usando-se água para facilitar a transferência. Coloca-se o equivalente a 1 colher de sopa de hidróxido de sódio, duas colheres de sobremesa de açúcar (sacarose) e ferve-se durante 30 minutos. Deve-se ter cuidado com as projecções que podem ocorrer durante a fervura (caso isto ocorra, lave-se abundantemente a região atingida com água e faz-se uma compressa com vinagre ou sumo de limão diluídos em água). Para evitar salpicos colocar uma colher dentro do recipiente mantendo-o parcialmente fechado durante a fervura. O aquecimento deve ser constante e suave e deve repor-se água para compensar as perdas por evaporação. Ao fim dos trinta minutos deve ocorrer aglomeração da prata como um material denso e fácil de isolar por decantação. Lava-se bem com água e seca-se entre papéis absorventes. A prata assim obtida é de pureza razoável e pode ser utilizada para diversas finalidades.

Se se desejar granular a prata pode utilizar-se o seguinte procedimento:

Mistura-se a prata com bórax (ou ácido bórico) e coloca-se numa reentrância de um tijolo refractário, ou num vaso de argila (do tipo usado em jardinagem) e provoca-se a sua fusão usando um maçarico alimentado com GPL e ar comprimido. O bórax forma

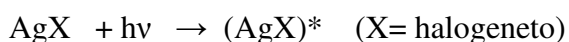
uma escória sobrenadante retirando as impurezas da prata, e pode ser despejado noutro pedaço de tijolo. A prata após fusão aglomera-se num líquido brilhante e móvel e pode ser despejada numa lata com água. Com isso ocorre a formação de grânulos brilhantes de prata.

Fundamentos teóricos

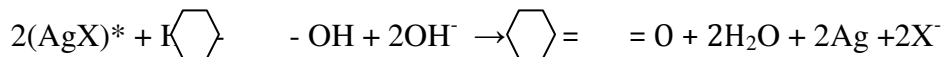
1) Radiografias e negativos de filmes a branco e preto

São fundamentalmente constituídos por uma base de plástico (celulóide, poliéster, etc.) coberta por uma fina dispersão de halogenetos de prata (além de outros aditivos) em gelatina, formando a emulsão sensível à radiação. A exposição da emulsão à radiação provoca uma reacção fotoquímica de exposição. A chapa impressionada é tratada com o revelador, uma solução alcalina contendo um redutor orgânico fraco (metanol, pirogalol ou hidroquinona), que transforma a imagem latente numa imagem de prata metálica visível, que permanece na base do filme. O restante da prata que continua sob a forma de halogeneto de prata é retirado pelo fixador, cujo constituinte principal, o tiosulfato de sódio, retira o halogeneto de prata pela sua acção complexante. Assim, os sais de prata não expostos e não revelados são dissolvidos pelo fixador e retirados da emulsão. A imagem, de prata metálica, permanece no filme, formando a área negra da chapa. As reacções principais que ocorrem nas diferentes etapas podem ser assim formuladas:

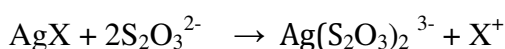
Exposição à radiação (formação da imagem latente)



Revelação (supondo hidroquinona como redutor):



Fixação



Pela descrição do processo conclui-se que a prata originariamente presente nos filmes distribui-se entre o fixador e a chapa, e a sua relação depende principalmente da natureza do objecto fotografado. Numa radiografia de um pequeno osso, por exemplo, teremos pouca prata removida pela solução do fixador e grande parte na forma de prata dispersa na emulsão, na chapa. Estima-se, em média, que 70% da prata inicial fica no fixador e 30% permanece na forma de prata metálica, dispersa na gelatina. Assim, esses materiais são considerados verdadeiras minas de prata. Kuya (1993)

A quantidade de prata presente na emulsão depende da finalidade da chapa. Em radiografias há preocupação quanto à exposição do paciente à radiação, daí a alta densidade de sais de prata nesses filmes, geralmente com recobrimento em ambas as faces da chapa. Estima-se que, em média, a prata potencialmente recuperável de negativos de filmes a preto e branco é cerca de 0,5 g/m² ao passo que este número pode aumentar de um factor 10 em radiografias processadas. Outra fonte importante de prata são as soluções de fixadores que podem conter de 2 a 8 grama por litro. Kuya (1993)

No processamento de fotografias coloridas a prata é retirada totalmente dos filmes pela solução do branqueador - fixador .

Isto significa que não há prata nas sobras de materiais fotográficos a cores, mas apenas naquela solução usada no processamento.

Outras fontes de prata na indústria fotográfica são os filmes cinematográficos a preto e branco, papéis fotográficos, fotocópias e placas de impressão offset, que podem fundamentalmente ser processados pelos métodos aplicáveis nos filmes de Raios-X.

2) Soluções comerciais de hipoclorito de sódio

Estas soluções usadas como branqueadores e desinfectantes, devem conter no mínimo 2,0 % de “cloro disponível” (ou cloro activo), que é definido como a percentagem (%) em massa de cloro libertado quando se acidifica a solução:

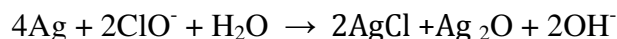


São obtidas basicamente pela absorção de cloro gasoso por solução alcalina (hidróxido de sódio ou de cálcio). Têm composição até certo ponto variável (podem conter carbonato, silicato, sulfato e às vezes polifosfato de sódio) em função da finalidade a que se destina.

No lugar da solução de hipoclorito de sódio pode-se usar branqueadores sob a forma de pó ou grânulos, do tipo usado para tratamento da água da piscina (mistura de composição variada contendo hipoclorito de cálcio, cloreto de cálcio além de óxido e hidróxido de cálcio). Após preparação da solução deve existir algum tempo de espera antes de ser decantado para obter o líquido sobrenadante.

3) Acção do hipoclorito de sódio sobre a emulsão fotográfica

O material gelatinoso usado para a preparação da emulsão fotográfica é basicamente constituído por proteínas que sob a acção do meio alcalino da solução branqueadora se hidrolisa fragmentando e libertando lentamente a prata nela dispersa. Assim, a prata pode ser atacada pelo hipoclorito de sódio, segundo a seguinte reacção:



4) Acção da sacarose em meio alcalino

A lama sedimentada contendo ainda material orgânico não totalmente hidrolisado, prata dispersa ainda não oxidada e principalmente cloreto e óxido de prata, quando fervida com sacarose em meio alcalino leva à formação de prata metálica. Neste processo o material orgânico é totalmente hidrolisado pela acção combinada da alta temperatura com a alcalinidade do meio, libertando a prata. Esta, se estiver na forma de cloreto de prata, AgCl , é transformada no seu óxido que, por sua vez, oxida a sacarose formando como produto final dióxido de carbono, CO_2 , com formação intermediária dos ácidos levulínico e fórmico.

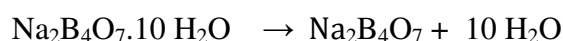
Outros produtos contendo sacarose, como o melaço, o mel podem ser usados no lugar do açúcar de mesa. A dextrose, nome comercial da glicose, embora mais cara, também promove facilmente a redução da prata.

Em trabalhos realizados em maior escala, a fervura com sacarose em meio alcalino pode ser substituída pelo tratamento por via seca. Neste processo, a lama contendo o metal e ainda muita matéria orgânica, após secagem e moagem, é fundida misturando-se bórax e carbonato de sódio. Além de envolver a solução de muitos fumos indesejáveis, a prata, assim obtida necessita ser refinada mais de uma vez.

5) Acção do bórax na refinação da prata

O bórax, nome comercial do borato de sódio deca-hidratado, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, pode ser adquirido em farmácias e é bastante usado como antisséptico e em formulações anti-baratas. Com o aquecimento, perde água, espumando e inchando. Continuando-se o aquecimento forma-se um líquido bastante viscoso o qual solidifica como um vidro. Enquanto líquida a solução pode ser espalhada sobre a superfície de argila onde se pretende fundir a prata impura. Forma-se assim uma superfície vitrificada que impede que a prata penetre na superfície porosa do tijolo refractário. A prata impura deve ser misturada também com o bórax e colocada no tijolo vitrificado e fundida em seguida, direccionando a chama do maçarico. Neste processo o bórax actua como um fluxo de limpeza dissolvendo óxidos de impurezas metálicas (forma metaboratos) eventualmente presentes e formando uma escória sobrenadante que pode ser decantada para outro pedaço de tijolo. Com a continuação do aquecimento consegue-se fundir a prata, que pode ser despejada num recipiente metálico com água, gerando grânulos, que se não se apresentarem brilhantes devem ser purificados usando o mesmo processo. As reacções envolvidas no processo são as seguintes:

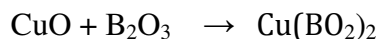
Desidratação do bórax



Formação do vidro de bórax



Formação de escória de metaboratos, supondo óxido de cobre, CuO , como impureza presente:



Obs.: o ácido bórico, H_3BO_3 , pode substituir o bórax, pois por desidratação dá origem ao seu óxido.

Quando não se consegue prata brilhante com este tratamento pode-se usar fluxos de diferentes composições.

Uma boa alternativa é misturar ao bórax, um pouco de carbonato de sódio e de nitrato de sódio, conhecidos respectivamente com os nomes de soda e salitre do Chile.

O procedimento descrito produz, em média, 5g de prata granulada por m² de radiografias processadas. Esta quantidade varia muito em função das chapas escolhidas (as escuras contêm mais prata) e dos cuidados tomados nas diferentes etapas do processo. Kuya (1993).

A experiência descrita pode ser desenvolvida com diferentes graus de sofisticação em função dos objectivos e das condições de trabalho. Pode ser realizada por alunos do básico ou secundário, usando-se os recursos caseiros descritos no procedimento. Pode ser também tema de mini-projectos desenvolvidos pelos alunos nas actividades extra-curriculares como por exemplo, Clubes de Reciclagem. Nos mini-projectos, podem ser desenvolvidos e comparados diferentes métodos, podendo estender-se o estudo para outros resíduos. O desenvolvimento do tema pode também proporcionar interacção com indústrias com problemas diversos na área da recuperação, permitindo aos alunos vivenciarem situações reais, quando parâmetros que normalmente não são considerados nas experiências académicas passam a ter mais importância.

Cabe finalmente destacar o carácter interdisciplinar da experiência. Tópicos tradicionalmente não abordados em experiências de Química como colóides, emulsões, polímeros, proteínas, glucidos (carboidratos), reacções fotoquímicas e formação de

vidros estão envolvidos na compreensão das diferentes etapas da experiência; conceitos básicos importantes em qualquer curso introdutório como reacções de precipitação, complexação e redox são os conceitos principais em que se apoia toda a química envolvida no processo descrito. Kuya (1993)

Capítulo 6 - Considerações Finais e Recomendações

A importância da experimentação é ressaltada por inúmeros autores e textos publicados em várias revistas. No entanto, a sua realização deve considerar que materiais perigosos não podem ser descartados inadequadamente e que os custos da disposição final desses resíduos são muito elevados.

Considerando que o ambiente não pode ser negligenciado em prol da experimentação, antes de se realizar qualquer actividade prática, há que se avaliar as suas implicações sócio - ambientais e educacionais. Além de levantar problemas, que originem discussões relacionadas com os conceitos científicos, a experimentação deve também motivar debates relacionados com as questões ambientais.

A gestão dos resíduos químicos favorece a percepção da Química como uma ciência que tem papel fundamental no compromisso ético com a vida. O fazer consciente dessa gestão é também uma acção de Educação Ambiental, uma vez que favorece a obtenção de conhecimento, o desenvolvimento da percepção crítica e a mudança de atitude dos indivíduos. A adopção de acções preventivas em relação ao manuseamento de produtos químicos reflecte a filosofia da Química Verde, movimento relativamente recente que objectiva mudanças de paradigmas pela incorporação de posturas mais sustentáveis e harmoniosas entre homens e natureza. O desenvolvimento de uma consciência ambiental só se consolida na relação teoria - prática e não em discursos afastados da realidade.

Por tudo isso e buscando uma melhor aprendizagem dos conceitos da Química, além da ratificação do papel dessa ciência na sociedade moderna, o professor deve privilegiar a experimentação mais limpa, explorando também seu potencial sócio - ambiental no processo de formação do educando.

Por tudo isto, julgamos que, em termos futuros, ainda há muito que fazer sobre este assunto tão vasto, tão motivante e tão actual.

Após este nosso trabalho mais de reflexão e procura de conhecimentos básicos neste domínio, recomendamos, como etapa seguinte, trabalhos desenvolvidos mais no terreno, como por exemplo um estudo sobre a situação actual dos passivos dos resíduos químicos em todos os estabelecimentos de ensino público e privado, e respostas a questões que ainda nos ficam por responder como:

Como sensibilizar os professores para o ensino da segurança aos alunos?

Como sensibilizar os professores e os alunos para, em conjunto, se envolverem com as questões ambientais numa perspectiva de relação com os conceitos científicos, nomeadamente químicos, de modo a enriquecerem os seus conhecimentos no sentido de se tornarem cidadãos activos e competentes quando tiverem que intervir na resolução dos problemas da sociedade e do mundo.

Bibliografia

- Afonso, J. C.; et al. Análise sistemática de reagentes e resíduos sem identificação. *Química Nova* (2005), 28, 1157-1165
- Alberguini, L.; et al. (2005) Tratamento de Resíduos Químicos: Guia Prático para a Solução dos Resíduos Químicos em Instituições de Ensino Superior. Rima Editora
- Alexéve, V. (1983), Análise Qualitativa, 3ª Edição, Porto: Livraria Lopes da Silva - Editora
- Amaral, S. T.; et al. Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Química Nova*, (2001), v. 24, n. 3, 419-423.
- Baird, C.; química Ambiental, 2ª Edição, São Paulo: Artmed Editora, 2002
- Castro, L. B.; Ricardo, M. M.; Gerir o Trabalho de Projecto, Um Manual para Professores e Formadores; Texto Editora, 1993
- Dalston, R. C. R.; et al. Gestão de Resíduos de Laboratórios. Comunicação apresentada no 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Brasília.
- Davis, M.; et al. Laboratory Waste Minimization and Pollution Prevention – A Guide for Teachers, March 1996, disponível em 2009 no endereço electrónico: <<http://www.p2pays.org/ref/01/text/00779/ch01.htm>>
- Evers, J.; et al. Dangerous Potassium Hydroxide Monohydrate Crust, *Chemical and Engineering News* (16 Sept 2002) Vol. 80, Nº 37, pp. 2, 4
- Guerra, J.; Schmidt, L.; Nave, J. G.; (2008, Junho). Educação Ambiental em Portugal: Fomentando uma Cidadania Responsável. Comunicação apresentada no VI Congresso Português de Sociologia, Lisboa.

- Jardim, W. F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v.21, n.5, p. 671-673,1998
- Kuya, M. Recuperação de Prata de radiografias: uma experiência usando recursos caseiros. *Química Nova*. (1993). V.16. n.5.474-476
- Lenardão, E. J. et al. *Química Nova* (2003), 26, 123-129
- Lunn, G.; Sansone, E. B. *Destruction of hazardous chemicals in the laboratory*. New York: John Wiley and Sons, 1994.
- Mendes, Paula. Agentes Químicos Perigosos – Algumas Directrizes Práticas para Implementação da Legislação. *Tecnometal* nº 168 (Janeiro/Fevereiro de 2007)
- OCAPP. Research and Educational Laboratory Waste Reductions, disponível em 2009 no endereço electrónico: <<http://www.epa.state.oh.us/opp/fact16.html>>
- Pedrini, A. de G. *Em Educação Ambiental: reflexões e práticas contemporâneas*, org.; 3ª ed, Vozes: Petrópolis, 2000, cap. i.
- Pinto, J. (2004). *Educação Ambiental em Portugal: Raízes, Influências, protagonistas e principais acções*. Educação, Sociedades & Culturas. Porto. 21: 151-165
- Quádrio, N.(2006). *Segurança em laboratórios escolares: do passado ao presente*. Tese de mestrado inédita, universidade de Lisboa, Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências, Lisboa
- Reigota, M. *Em Educação, Meio Ambiente e Cidadania*; Cascino, F.; Jacobi, P.; Oliveira, J. F., org.; SMA/CEAM: São Paulo, 1998
- Simões, T. S; Queirós, M.A.; Simões, M.O. – *Técnicas Laboratoriais de Química Bloco I*. Porto: Porto Editora,1999.
- University of Wiscosin. Safety Department. *Chemical safety and disposal guide*. Madison, EUA, 2002. 288 p. disponível em 2009 no endereço electrónico: <<http://www2.fpm.wisc.edu/chemsafety/guide/toc.html>>
- Vogel, A. *Química Analítica Qualitativa*, São Paulo: Editora Mestre Jou, 1981

- Walton, E.D. Environmental Science Research to Enhance Teaching, CIRES Research/Science Education Fellow 2003
- Williams, P. T. Waste Treatment and Disposal. Second Edition. John Wiley & Sons Ltd. (2005)
- Young, J., Chemical Safety for Teachers and Their Supervisors. American Chemical Society Board – Council Committee on Chemical Safety, 2001

Anexos

Anexo 1. Lista de frases de risco usadas com substâncias perigosas

Códigos	Frases de Risco
R 1	Explosivo em estado seco
R 2	Risco de explosão por choque, fricção, fogo ou outras fontes de ignição
R 3	Grande risco de explosão por choque, fricção, fogo ou outras fontes de ignição
R 4	Forma compostos metálicos explosivos muito sensíveis
R 5	Perigo de explosão em caso de aquecimento
R 6	Explosivo em contacto e sem contacto com o ar
R 7	Pode provocar incêndios
R 8	Perigo de incêndio em caso de contacto com materiais combustíveis
R 9	Perigo de explosão se misturado com materiais combustíveis
R 10	Inflamável
R 11	Facilmente inflamável
R 12	Extremamente inflamável
R 13	Gás liquefeito extremamente inflamável
R 14	Reage violentamente com a água
R 15	Reage com a água libertando gases extremamente inflamáveis
R 16	Explosivo se misturado com substâncias comburentes
R 17	Inflama-se espontaneamente em contacto com o ar
R 18	Pode formar misturas de ar-vapor explosivas/inflamáveis durante a utilização
R 19	Pode formar peróxidos explosivos
R 20	Nocivo por inalação
R 21	Nocivo em contacto com a pele

- R 22 Nocivo por ingestão
- R 23 Tóxico por inalação
- R 24 Tóxico em contacto com a pele
- R 25 Tóxico por ingestão
- R 26 Muito tóxico por inalação
- R 27 Muito tóxico em contacto com a pele
- R 27a Muito tóxico em contacto com os olhos
- R 28 Muito tóxico por ingestão
- R 29 Em contacto com a água liberta gases tóxicos
- R 30 Pode inflamar-se facilmente durante o uso
- R 31 Em contacto com ácidos liberta gases tóxicos
- R 32 Em contacto com ácidos liberta gases muito tóxicos
- R 33 Perigo de efeitos cumulativos
- R 34 Provoca queimaduras
- R 35 Provoca queimaduras graves
- R 36 Irritante para os olhos
- R 36a Lacrimogéneo
- R 37 Irritante para as vias respiratórias
- R 38 Irritante para a pele
- R 39 Perigo de efeitos irreversíveis muito graves
- R 40 Possibilidade de efeitos irreversíveis
- R 41 Risco de lesões oculares graves
- R 42 Possibilidade de sensibilização por inalação
- R 43 Possibilidade de sensibilização em contacto com a pele
- R 44 Risco de explosão se aquecido em ambiente fechado
- R 45 Pode causar cancro
- R 46 Pode causar alterações genéticas hereditárias

- R 47 Pode causar mal formações congénitas
- R 48 Risco de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada
- R 49 Pode causar cancro por inalação
- R 50 Muito tóxico para os organismos aquáticos
- R 51 Tóxico para os organismos aquáticos
- R 52 Nocivo para os organismos aquáticos
- R 53 A longo prazo pode provocar efeitos negativos no ambiente aquático
- R 54 Tóxico para a flora
- R 55 Tóxico para a fauna
- R 56 Tóxico para os organismos do solo
- R 57 Tóxico para as abelhas
- R 58 A longo prazo pode provocar efeitos negativos no meio ambiente
- R 59 Perigoso para a camada do ozono
- R 60 Pode comprometer a fertilidade
- R 61 Risco durante a gravidez com efeitos adversos para a descendência
- R 62 Possíveis riscos de comprometer a fertilidade
- R 63 Possíveis riscos, durante a gravidez, de efeitos indesejáveis na descendência
- R 64 Pode causar danos nos bebés alimentados com o leite materno
- R 65 Nocivo: pode causar danos nos pulmões se ingerido

Códigos

Frases Combinadas

- | | |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|
| R 14/15 | Reage violentamente com a água, libertando gases extremamente inflamáveis |
| R 15/29 | Em contacto com a água, liberta gases tóxicos e extremamente inflamáveis |
| R 20/21 | Nocivo por inalação e contacto com a pele |

R 20/22	Nocivo por inalação e por ingestão
R 20/21/22	Nocivo por inalação, por ingestão e em contacto com a pele
R 21/22	Nocivo em contacto com a pele e por ingestão
R 23/24	Tóxico por inalação e contacto com a pele
R 23/25	Tóxico por inalação e por ingestão
R 23/24/25	Tóxico por inalação, por ingestão e em contacto com a pele
R 24/25	Tóxico em contacto com a pele e por ingestão
R 26/27	Muito tóxico por inalação e contacto com a pele
R 26/28	Muito tóxico por inalação e por ingestão
R 26/27/28	Muito tóxico por inalação, por ingestão e em contacto com a pele
R 27/28	Muito tóxico em contacto com a pele e por ingestão
R 36/37	Irrita os olhos e as vias respiratórias
R 36/38	Irrita os olhos e a pele
R 36/37/38	Irrita os olhos, a pele e as vias respiratórias
R 37/38	Irrita as vias respiratórias e a pele
R 39/23	Tóxico: perigo de efeitos irreversíveis muito graves por inalação
R 39/24	Tóxico: perigo de efeitos irreversíveis muito graves em contacto com a pele
R 39/25	Tóxico: perigo de efeitos irreversíveis muito graves por ingestão
R 39/23/24	Tóxico: perigo de efeitos irreversíveis muito graves por inalação e contacto com a pele
R 39/23/25	Tóxico: perigo de efeitos irreversíveis muito graves por inalação e ingestão
R 39/23/24/25	Tóxico: perigo de efeitos irreversíveis muito graves por inalação, contacto com a pele e ingestão
R 39/26	Muito tóxico: perigo de efeitos irreversíveis muito graves

	pele
R 48/20/22	Nocivo: perigo de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação e por ingestão
R 48/21/22	Nocivo: perigo de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada em contacto com a pele e por ingestão
R 48/20/21/22	Nocivo: perigo de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação, contacto com a pele e ingestão
R 48/23	Tóxico: perigo de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação
R 48/24	Tóxico: perigo de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por contacto com a pele
R 48/25	Tóxico: perigo de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por ingestão
R 48/23/24	Tóxico: perigo de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação e em contacto com a pele
R 48/23/25	Tóxico: perigo de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação e por ingestão
R 48/23/24/25	Tóxico: perigo de efeitos graves para a saúde em caso de exposição prolongada por inalação, em contacto com a pele e ingestão
R 50/53	Muito tóxico para os organismos aquáticos, pode provocar a longo prazo efeitos negativos no meio ambiente aquático
R 51/53	Tóxico para os organismos aquáticos, pode provocar a longo prazo efeitos negativos no meio ambiente aquático
R 52/53	Nocivo para os organismos aquáticos, pode provocar a longo prazo efeitos negativos no meio ambiente aquático

Anexo 2. Lista de frases de segurança usadas com substâncias perigosas

Códigos	Frases de Segurança
----------------	----------------------------

- | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------|
| S 1 | Conservar bem trancado |
| S 2 | Manter fora do alcance das crianças |
| S 3 | Conservar em lugar fresco |
| S 4 | Manter longe de lugares habitados |
| S 5 | Conservar em... (líquido apropriado a especificar pelo fabricante) |
| S 6 | Conservar em ... (gás inerte a especificar pelo fabricante) |
| S 7 | Manter o recipiente bem fechado |
| S 8 | Manter o recipiente ao abrigo da humidade |
| S 9 | Manter o recipiente num lugar bem ventilado |
| S 10 | Manter o conteúdo húmido |
| S 11 | Evitar o contacto com o ar |
| S 12 | Não fechar o recipiente hermeticamente |
| S 13 | Manter longe de comida, bebidas incluindo os dos animais |
| S 14 | Manter afastado de... (materiais incompatíveis a indicar pelo fabricante) |
| S 15 | Conservar longe do calor |
| S 16 | Conservar longe de fontes de ignição - Não fumar |
| S 17 | Manter longe de materiais combustíveis |
| S 18 | Abrir/manipular o recipiente com cautela |
| S 20 | Não comer nem beber durante a utilização |
| S 21 | Não fumar durante a utilização |
| S 22 | Não respirar o pó |
| S 23 | Não respirar o vapor/gás/fumo/aerossol |
| S 24 | Evitar o contacto com a pele |

- S 25 Evitar o contacto com os olhos
- S 26 Em caso de contacto com os olhos lavar imediata e abundantemente com água e chamar um médico
- S 27 Retirar imediatamente a roupa contaminada
- S 28 Em caso de contacto com a pele lavar imediata e abundantemente com... (produto adequado a indicar pelo fabricante)
- S 29 Não atirar os resíduos para os esgotos
- S 30 Nunca adicionar água ao produto
- S 33 Evitar a acumulação de cargas electrostáticas
- S 34 Evitar choques e fricções
- S 35 Eliminar os resíduos do produto e os seus recipientes com todas as precauções possíveis
- S 36 Usar vestuário de protecção adequado
- S 37 Usar luvas adequadas
- S 38 Em caso de ventilação insuficiente usar equipamento respiratório adequado
- S 39 Usar protecção adequada para os olhos/cara
- S 40 Para limpar os solos e os objectos contaminados com este produto utilizar ...(a especificar pelo fabricante)
- S 41 Em caso de incêndio e/ou explosão não respirar os fumos
- S 42 Durante as fumigações/pulverizações, usar equipamento respiratório adequado (denominação(ões) adequada(s) a especificar pelo fabricante)
- S 43 Em caso de incêndio usar... (meios de extinção a especificar pelo fabricante. Se a água aumentar os riscos acrescentar "Não utilizar água")
- S 44 Em caso de indisposição consultar um médico (se possível mostrar-lhe o rótulo do produto)
- S 45 Em caso de acidente ou indisposição consultar imediatamente um médico (se possível mostrar-lhe o rótulo do produto)
- S 46 Em caso de ingestão consultar imediatamente um médico e mostrar o rótulo ou a embalagem

- S 47 Conservar a uma temperatura inferior a ... °C (a especificar pelo fabricante)
- S 48 Conservar húmido com ... (meio apropriado a especificar pelo fabricante)
- S 49 Conservar unicamente no recipiente de origem
- S 50 Não misturar com ... (a especificar pelo fabricante)
- S 51 Usar unicamente em locais bem ventilados
- S 52 Não usar sobre grandes superfícies em lugares habitados
- S 53 Evitar a exposição – obter instruções especiais antes de usar
- S 54 Obter autorização das autoridades de controlo de contaminação antes de despejar nas estações de tratamento de águas residuais
- S 55 Utilizar as melhores técnicas de tratamento antes de despejar na rede de esgotos ou no meio aquático
- S 56 Não despejar na rede de esgotos nem no meio aquático. Utilizar para o efeito um local apropriado para o tratamento dos resíduos
- S 57 Utilizar um contentor adequado para evitar a contaminação do meio ambiente
- S 58 Elimina-se como resíduo perigoso
- S 59 Informar-se junto do fabricante de como reciclar e recuperar o produto
- S 60 Elimina-se o produto e o recipiente como resíduos perigosos
- S 61 Evitar a sua libertação para o meio ambiente. Ter em atenção as instruções específicas das fichas de dados de Segurança
- S 62 Em caso de ingestão não provocar o vómito: consultar imediatamente um médico e mostrar o rótulo ou a embalagem

Códigos

Frases Combinadas

- | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| S 1/2 | Conservar bem trancado e manter fora do alcance das crianças |
| S 3/7/9 | Conservar o recipiente num lugar fresco, bem ventilado e manter bem encerrado |
| S 3/9 | Conservar o recipiente num lugar fresco e bem ventilado |
| S 3/9/14 | Conservar num local fresco, bem ventilado e longe de ... |

- (materiais incompatíveis a especificar pelo fabricante)
- S 3/9/14/49 Conservar unicamente no recipiente original num local fresco, bem ventilado e longe de ... (materiais incompatíveis a especificar pelo fabricante)
- S 3/9/49 Conservar unicamente no recipiente original, em lugar fresco e bem ventilado
- S 3/14 Conservar em lugar fresco e longe de ... (materiais incompatíveis a especificar pelo fabricante)
- S 7/8 Manter o recipiente bem fechado e num local fresco
- S 7/9 Manter o recipiente bem fechado e num local ventilado
- S 20/21 Não comer, beber ou fumar durante a sua utilização
- S 24/25 Evitar o contacto com o s olhos e com a pele
- S 36/37 Usar luvas e vestuário de protecção adequados
- S 36/37/39 Usar luvas e vestuário de protecção adequados bem como protecção para os olhos/cara
- S 36/39 Usar vestuário adequado e protecção para os olhos/cara
- S 37/39 Usar luvas adequadas e protecção para os olhos/cara
- S 47/49 Conservar unicamente no recipiente original e a temperatura inferior a ...°C (a especificar pelo fabricante)

Anexo 3. Lista de reagentes químicos mais comuns altamente tóxicos

- Ácido clorídrico
- Ácido fluorídrico
- Ácido fórmico
- Ácido nítrico
- Ácido oxálico
- Acrilamida
- Acroleína
- Anidrido acético
- Anilina
- *p*-benzoquinona
- Bromo
- Compostos de Crómio
- Diazometano
- N,N-dimetilanilina
- Etanolamina
- Fenol
- Formaldeído
- Iodometano
- Isopropanol
- Nitrobenzeno
- Peróxido de benzoílo
- Peróxido de hidrogénio
- Piridina
- Propilaminas

Para uma lista mais exhaustiva consultar

<http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/hightoxicity.html>

Anexo 4. Lista de reagentes químicos mais comuns conhecidos e suspeitos de actividade carcinogénica

- Acetaldeído
- Acetamida
- Acrilamida
- Acrilonitrilo
- Acroleína
- Anilina
- Compostos de alumínio
- Benzeno
- Benzofurano
- Benzopireno
- Brometo de vinilo
- 1,3-Butadieno
- *t*-butil metil éter
- Carbazole
- *p*-cloroanilina
- Cloreto vinílico
- Clorofórmio
- Clorofenóis
- Compostos de crómio
- Cloreto dimetilvinílico
- 2,4-dinitrotolueno
- 2,6-dinitrotolueno
- 1,4-dioxano
- Estireno
- Etil acrilato
- Formaldeído
- Furano
- Hexaclorobenzeno
- Hidrazinas
- Hidrocarbonetos clorados
- Hidroquinona
- Iodeto de metilo
- Perileno
- Rodamina
- Tetracloroeto de carbono
- Tioureia

Para uma lista mais exhaustiva consultar

<http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/carcinogens.html>

Anexo 5. Lista de reagentes químicos mais comuns conhecidos e suspeitos de actividade teratogénica

- Acetaldeído
- Acetamida
- Acetonitrilo
- Ácido acrílico
- Ácido fluorídrico
- Acrilonitrilo
- Álcool butílico
- Atrazina
- Benzeno
- Benzopireno
- 1,3-butadieno
- Cloreto de benzoílo
- Cloreto de lítio
- Cloreto de metilo
- Clorobenzeno
- Clorofórmio
- N,N-dibutil formamida
- Diclorobenzeno
- 1,1-dicloroetano
- Dimetoxietano
- Dioxano
- Esteróides
- Estireno
- Etanolamina
- Etileno glicol
- Fenol
- Formaldeído
- n-hexano
- Hidrazinas
- Naftaleno
- Nitrobenzeno
- Piperidina
- 1,2-propanodiol
- Quinina
- Rosa de Bengal (sal de sódio)
- Sulfanilamidas
- Tolueno
- Xileno

Para uma lista mais exaustiva consultar

<http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/teratogens.html>

Anexo 6. Lista de reagentes químicos que podem formar peróxidos quando armazenados

Os reagentes que podem formar peróxidos quando armazenados apresentam um risco de explosão elevado. Este risco é devido ao facto de os peróxidos serem, normalmente, menos voláteis do que o composto a partir do qual são formados. Desta forma, a evaporação ou destilação do composto levam a um aumento progressivo da concentração de peróxido. O aquecimento de uma solução concentrada de peróxido pode resultar em decomposição explosiva.

- Aldeídos
- Éteres (especialmente éteres cíclicos e os que contêm grupos álcool primário e secundário)
- Compostos de estrutura alílica, incluindo a maioria dos alcenos
- Compostos vinílicos

Entre os mais utilizados referem-se:

- | | |
|--------------------|---------------------|
| • Acetal | • Diciclopentadieno |
| • Acetato de vinil | • Dietileno glicol |
| • Amida de sódio | • Éteres |
| • Ciclo-hexeno | • Dioxano |
| • Ciclo-octeno | • Tetra-hidrofurano |

Para uma lista mais exhaustiva consultar

<http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/peroxides.html>

Anexo 7. Lista de reagentes químicos incompatíveis

Algumas substâncias químicas reagem perigosamente quando misturadas com outros materiais. Estas devem, por isso, ser armazenadas em locais separados.

Alguns dos reagentes mais utilizados e seus incompatíveis são dados na tabela seguinte.

Reagente	Substâncias incompatíveis
Acetileno	Cloro, bromo, flúor, prata, cobre, mercúrio e seus derivados
Acetona	Misturas de ácido nítrico e ácido sulfúrico concentrado
Ácido acético	Ácido crómico, ácido nítrico, compostos hidroxilados, etileno glicol, ácido perclórico, peróxidos, permanganatos
Ácido crómico e trióxido de crómio	Ácido acético, cânfora, glicerol, álcoois, outros líquidos inflamáveis
Ácido nítrico (concentrado)	Ácido acético, acetona, álcoois, anilina, ácido crómico, ácido cianídrico, sulfureto de hidrogénio, líquidos inflamáveis, gases inflamáveis, cobre, latão, metais pesados
Ácido oxálico	Prata, mercúrio
Ácido perclórico	Anidrido acético, bismuto e ligas de bismuto, álcoois, papel, madeira, gorduras, óleos
Ácido sulfúrico	Água, cloratos, percloratos, permanganatos, carbonato de sódio
Amoníaco	Mercúrio, cloro, hipoclorito de cálcio, iodo, bromo, fluoreto de hidrogénio, sais de prata
Anilina	Ácido nítrico, peróxido de hidrogénio
Bromo	Amoníaco, acetileno, butadieno, butano, metano, propano (ou outros gases de petróleo), hidrogénio, benzeno, metais finamente divididos
Carvão activado	Hipoclorito de sódio, todos os agentes oxidantes

Cianeto de hidrogénio	Ácido nítrico, bases
Cloratos	Sais de amónio, ácidos, metais finamente divididos, enxofre, substâncias orgânicas finamente divididas ou combustíveis
Cloro	Amoníaco, acetileno, butadieno, butano, metano, propano (ou outros gases de petróleo), hidrogénio, benzeno, metais finamente divididos
Cobre	Acetileno, peróxido de hidrogénio
Flúor	Isolar de todas as substâncias
Fluoreto de hidrogénio	Amoníaco e amónia
Fósforo (branco)	Ar, oxigénio, bases, agentes redutores
Hidrazina	Peróxido de hidrogénio, ácido nítrico, todos os outros agentes oxidantes
Hidrocarbonetos	Flúor, cloro, bromo, ácido crómico, peróxido de sódio
Hidróxido de sódio e potássio	Água, ácidos
Iodo	Acetileno, amoníaco, amónia, hidrogénio
Líquidos inflamáveis	Nitrato de amónio, ácido crómico, peróxido de hidrogénio, ácido nítrico, peróxido de sódio, compostos halogenados
Mercúrio	Acetileno, amoníaco
Metais alcalinos	Água, dióxido de carbono, tetracloreto de carbono, hidrocarbonetos clorados, hidrogénio
Nitrato de amónio	Ácidos, metais finamente divididos, líquidos inflamáveis, nitritos, enxofre, substâncias orgânicas finamente divididas ou combustíveis
Nitrito de sódio	Nitrato de amónio, outros sais de amónio, ácidos
Óxido de cálcio	Água
Oxigénio	Óleos, gorduras, hidrogénio, materiais inflamáveis
Percloratos	Anidrido acético, bismuto e ligas de bismuto, álcoois, papel, madeira, gorduras, óleos, ácidos, materiais combustíveis
Permanganato de potássio	Glicerol, etileno glicol, benzaldeído, ácido sulfúrico

Peróxido de hidrogénio	Cobre, crómio, ferro, a maior parte dos metais e seus sais, álcoois, matéria orgânica, anilina, nitrometano, líquidos inflamáveis, substâncias combustíveis
Peróxido de sódio	Todas as substâncias oxidáveis como etanol, metanol, ácido acético glacial, anidrido acético, benzaldeído, sulfureto de carbono, glicerol, etileno glicol, acetato de etilo, acetato de metilo, furfural
Pentóxido de fósforo	Água
Prata	Acetileno, ácido oxálico, ácido tartárico, compostos de amónio
Sulfureto de hidrogénio	Ácido nítrico fumante, ácido crómico, gases oxidantes, óxidos de metais

Para uma lista mais exaustiva consultar

<http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/incompatibles.html>

Anexo 8. Exemplo de uma *Material Safety Data Sheet* (MSDS)

Ficha de Segurança

De acordo com a directiva EC 91/155/EEC

Data de emissão 20.01.2004

Substitui a edição de 12.10.2003

1. Identificação da substância e da Empresa

No. de catálogo: 100056

Nome da substância: Ácido acético (glacial) 100% extra pure

Empresa

Nome: Merck KgaA

Endereço: 64271 Darmstadt, Germany

Telefone: +49 6151 72-0

Nº Telefone de Emergência: INEM, centro de informação Anti-Venenos, Rua

Infante D. Pedro, 8

1749-075 Lisboa, Tel.(21) 79501 43/44/46

2. Composição/informação sobre os componentes

No.-CAS: 64-19-7 No.-Index-EC: 607-002-00-6

Massa molar: 60.05 g/mol No-EC: 200-580-7

Fórmula molecular : $C_2H_4O_2$

Fórmula química: CH_3COOH

3. Identificação dos perigos

Inflamável.

Causa queimaduras graves.

4. Primeiros socorros

Após a inspiração: Exposição ao ar fresco. Chamar um médico.

Após contacto com a pele: Lavar abundantemente com água. Aplicar polietilenoglicol 400. Remover imediatamente a roupa contaminada.

Após contacto com os olhos: Lavar abundantemente com água, mantendo a pálpebra aberta durante pelo menos 10 minutos. Chamar imediatamente um oftalmologista.

Após ingestão: Fazer a vítima beber muita água (se necessário vários litros); evitar

vomitam (risco de perfuração). Chamar imediatamente um médico. Não tentar neutralizar.

5- Medidas de combate a incêndios

Meios adequados de extinção:

Pó, espuma, água.

Riscos especiais:

Combustível. Vapores mais pesados que o ar. Forma misturas explosivas com o ar à temperatura ambiente. Podem formar-se gases ou vapores perigosos no decurso do incêndio. Em caso de incêndio podem formar-se: vapores de ácido acético.

Equipamento especial de protecção para o combate ao incêndio:

Não permanecer na área de perigo sem uma máscara de oxigénio independente do ar ambiente. Utilizar roupa de protecção apropriada para evitar o contacto com a pele.

Outras informações:

Precipitar com água os vapores que se libertem. Evitar a infiltração da água de extinção nas águas superficiais ou nas águas subterrâneas.

6- Medidas em caso de fugas acidentais

Medidas de protecção para as pessoas: Não inalar os vapores/aerossóis. Evitar o contacto com a substância. Garantir a ventilação com ar fresco em recintos fechados.

Medidas de protecção ambientais: Não permitir que entre no sistema de canalização de água.

Método de limpeza/absorção: Remover com um líquido-absorvente e material neutralizante (p. Ex. Chemisorb H⁺, No. Art. 101595). Proceder à eliminação de resíduos. Limpar a área contaminada.

7- Manuseamento e armazenagem

Manuseamento: Tomar medidas para prevenir cargas electrostáticas. Manter afastado de fontes de ignição. Armazenar protegido de solventes.

Armazenagem: Hermeticamente fechado em local bem ventilado afastado de fontes de ignição e calor, +15°C a +25°C.

8- Controlo da exposição/protecção individual

Equipamento de protecção individual: O vestuário de protecção deve ser seleccionado em função da concentração e da quantidade das substâncias tóxicas

de acordo com as condições específicas do local de trabalho. A resistência dos meios de protecção aos agentes químicos deve ser esclarecida junto dos fornecedores.

Protecção respiratória: Necessário quando se formam vapores/ aerossóis.

Protecção dos olhos: Necessário.

Protecção das mãos: Em contacto total:

Material das luvas: borracha butilo

Espessura: 0.7 mm

Tempo de permeação: >480 min.

Contacto por salpicos:

Material das luvas: látex natural

Espessura: 0.6 mm

Tempo de permeação: > 30 Min

Outro equipamento de protecção: Vestuário de protecção adequado.

Higiene Industrial: Mudar imediatamente a roupa contaminada. Profilaxia cutânea. Lavar as mãos e a cara após trabalhar com a substância.

9- Propriedades físico-químicas

Forma: líquido

Cor: incolor

Odor: pungente

pH a 50g/l H₂O (20°C) 2.5

Viscosidade dinâmica (20°C) 1.22 mPa*s

Viscosidade cinemática (20°C) 1.17mm²/s

Temperatura de fusão 17°C

Temperatura de ebulição (1013 hPa) 116-118°C

Temperatura de ignição 485°C

Ponto de inflamação 39°C

Limites de explosão inferior 4Vol %

Limites de explosão superior 19.9Vol %

Pressão de vapor (20°C) 15.4 hPa

Densidade de vapor relativa 2.07

Densidade (20°C) 1.05 g/cm³

Solubilidade em água (20°C) solúvel

Factor de bioconcentração <1

Índice de refração (20°C) 1.37

10- Estabilidade e reactividade

Condições a serem evitadas: Forte aquecimento. Temperaturas <0°C.

Substâncias a serem evitadas: Anidridos/ água, aldeídos, álcoois, compostos halogenados, agentes oxidantes (CrO₃, permanganato de potássio, peróxidos, ácido perclórico, ácido cromossulfúrico), metais (ferro, zinco, magnésio (geração de hidrogénio)), hidróxidos alcalinos, haletos não metálicos, etanolamina.

Produtos de decomposição perigosos: Em caso de incêndio formam-se vapores de ácido acético.

Outras informações: Inflamável, incompatível com vários metais, explosivo com o ar no estado de vapor/gasoso.

11- Informação toxicológica

Toxicidade aguda

LC₅₀ (inalação, rato): 11.4 mg/l /4h.

LC₅₀ (inalação, coelho): 1060 mg/kg.

LC₅₀ (oral, rato): 3310 mg/kg.

Teste de irritação dos olhos (coelho): queima.

Teste de irritação da pele (coelho): queima.

Toxicidade subaguda crónica

Mutagenecidade bacteriana: salmonela tyfimurium: negativo.

Não apresentou efeitos teratogénicos nos ensaios em animais.

Outras informações toxicológicas

Substância altamente corrosiva.

Após inalação de vapores: Sintomas de irritação no sistema respiratório.

A inalação pode levar à formação de edemas no sistema respiratório.

Após contacto com a pele: Queima.

Após contacto com os olhos: Queima. Risco de cegueira! Risco de enevoamento corneal. Queima as membranas das mucosas.

Após ingestão: Queima o esófago e estômago. Espasmos gástricos. Vômitos com sangue, dispneia. Risco de perfuração no esófago e estômago. Possível falha pulmonar após inspiração do vômito.

Outras indicações: Não pode ser excluída: choque, falha cardiovascular. Danos nos rins.

Transporte fluvial ADN, ADNR não testado

Transporte por via marítima IMDG-Code

UN 2789 ACETIC ACID, GLACIAL, 8, II

Ems F-E S-C

Transporte por via aérea CAO, PAX

ACETIC ACID, GLACIAL, 8, UN 2789, II, 3

As informações relativas ao transporte mencionam-se de acordo com a regulamentação internacional e no formato aplicável na Alemanha. Não estão consideradas possíveis diferenças a nível nacional.

15- Informação regulamentada

Etiquetas de acordo com as directivas da CE

Símbolo: C Corrosivo

Frases R: 10-35 Inflamável. Provoca queimaduras graves.

Frases S: 23-26-45 Não respirar os vapores. Em caso de contacto com os olhos, lavar imediata e abundantemente com água e consultar um especialista. Em caso de acidente ou indisposição, consultar imediatamente o médico (se possível mostrar-lhe o rótulo)

No.-CE: 200-580-7 Rótulo CE

16- Outras informações

Razões para alteração

Actualização

Representante Nacional

MERCK Lab- Material de Laboratório, SA. Rua Alfredo da Silva, 3-C, P-1300-040 Lisboa

Tel.:+351 (21) 3613 500, Fax:+351 (21) 3613 665

As indicações dadas baseiam-se no nível actual dos nossos conhecimentos. Caracterizam o produto no que se refere às medidas de segurança a tomar. Estas indicações não implicam qualquer garantia de propriedade do produto descrito.

Informação adicional

O produto deve ser manipulado com as precauções habituais dos produtos químicos.

12- Informação ecológica**Degradação biológica:**

Biodegradação: 99% /30d (teste em garrafa fechada).

Prontamente biodegradável.

Comportamento no meio ambiente:

Distribuição: log p(o/w): -0,17 (experimental).

Não se prevê um apreciável potencial de bioacumulação ($\log P(o/w) < 1$).

Não se espera a ocorrência de transferência de solução aquosa para a atmosfera.

Efeitos ecotóxicos:

Efeitos biológicos: Efeito prejudicial nos organismos aquáticos. Efeito prejudicial devido a alteração do pH. Cáustico mesmo em solução diluída.

Toxicidade nos peixes: L. Macrochirus LC₅₀: 75 mg/l / 96 h. P. Promelas LC₅₀: 88 mg/l / 96 h.

Toxicidade em daphnia: Daphnia magna EC₅₀: 47 mg/l / 24 h.

Toxicidade em bactérias: Photobacterium phosphoreum EC₅₀: 11mg/l / 15 min teste microtox.

Concentração limite tóxica:

Toxicidade em algas: Sc.quadricauda IC₅: 4000 mg/l / 17 h.

Toxicidade em bactérias: Ps.putida EC₅: 2850 mg/l / 1h neutro.

Dados ecológicos adicionais:

Não permita a entrada em águas, águas residuais ou solos!

13- Questões relativas à eliminação**Produto:**

As substâncias químicas devem ser eliminadas de acordo com as regulamentações nacionais.

Embalagem:

Eliminação de acordo com as normas legais.

14- Indicações relativas ao transporte

Transporte terrestre ADR, RID

UN 2789 ESSIGSAURE,8, (3), II

ANEXO 9 - Recipientes adequados para armazenagem de produtos químicos

Vidros

São de baixo custo, resistentes ao tempo, calor, ácidos e bases. Uma embalagem de vidro bem vedada garante protecção total a qualquer agente externo, com excepção da luz. Desta forma, é praticamente insubstituível para alguns produtos ou quando o tempo de armazenagem é muito longo. O inconveniente de permitir a passagem da luz e outras radiações (raios X, ultravioleta, infravermelho), responsáveis pela alteração do produto embalado, é contornado, em parte, pela de vidros coloridos, obtidos com adição de pigmentos ou matérias-primas impuras. Não se deformam e podem resistir a pressões internas. Suas principais desvantagens são o peso elevado e a sua fragilidade.

Metais

- **Lata de folha-de-flandres**

Resiste a altas temperaturas, o que permite a esterilização do produto e a sua conservação a vácuo. Oferecem resistência a golpes, corrosão e impermeabilidade, além de fecho hermético. Não resistem aos produtos ácidos.

São adequados para a embalagem de produtos não-agressivos, como tintas, óleos vegetais, combustíveis, gorduras, ceras, produtos de beleza, talco, pós diversos e vários produtos secos.

- **Alumínio**

O outro metal largamente usado em embalagem é o alumínio. “O alumínio (Al) é obtido através da electrólise da alumina pura, proveniente do tratamento da bauxite. As impurezas do alumínio são as da bauxite, isto é, o Si e o Fe. De um modo geral, o alumínio, quanto mais puro, mais resistente é à corrosão.

Existem, no mercado, três tipos principais de alumínio:

- **Al 99% - utilizado normalmente nas carroçarias de autocarros e construção civil;**
- **Al 99,5% - é o mais usado em embalagens, pois apresenta boa resistência à corrosão**
- **(biscnagas, latas, folhas finas, etc)**
- **Al 99,8% - é usado na indústria química, onde se deseja excelente resistência à corrosão.**

Resistência à corrosão - o alumínio não está sujeito aos fenómenos electroquímicos da corrosão, como a folha-de-flandres. No caso de embalagem de alimentos, o alumínio tem a vantagem de formar sais incolores e inofensivos.

Lembrar que aço inoxidável é incompatível com:

- **Ácido Bromídrico,**
- **Ácido Clorídrico,**
- **Ácido Cloro acético,**
- **Ácido Fluorídrico,**
- **Ácido Hidrofluorossilício,**
- **Ácido Sulfúrico 75% e soluções mais diluídas,**
- **Dicloreto de Etileno**
- **Bromo**
- **Cloreto de Alumínio**
- **Cloreto de Cobre**
- **Cloreto de Ferro (III)**
- **Cloreto de Estanho**
- **Soluções de Sais Ferrosos**

Plásticos

Deterioração: os plásticos deterioram-se quando expostos ao ar ou à luz solar. Não são muito resistentes. Os plásticos empenam, racham e estão sujeitos a se deformarem por fluência.

- **Polietileno de baixa densidade**

Propriedades: o polietileno é resistente à maioria dos solventes, mas a temperaturas acima de 60 °C é atacado por alguns hidrocarbonetos aromáticos, óleos e gorduras que levam o recipiente a tornar-se pegajoso por fora, tornando-se necessário testá-lo cuidadosamente antes de o usar com estes tipos de produtos.

O polietileno não é afectado pelos ácidos e bases, com excepção do ácido nítrico concentrado quente. O polietileno é uma boa barreira para a humidade, mas permite a passagem de gases facilmente.

- **Polietileno de alta densidade**

Propriedades: a maioria dos solventes não ataca o polietileno, que por sua vez também não é afectado por ácidos fortes e por bases com excepção do ácido nítrico concentrado quente.

- **Polipropileno**

Desenvolvimento mais recente da família do polietileno apresenta propriedades similares ao mesmo, mas com menor densidade e maior resistência ao calor. Propriedades: tem boa resistência aos ácidos fortes e às bases, não sendo atacado pela maioria dos solventes à temperatura ambiente, excepto os hidrocarbonetos clorados. Resiste a óleos e gorduras e não rompe sob qualquer condição. O PP apresenta protecção razoável à humidade e aos gases.

- **Poliestireno**

Apresenta resistência limitada ao calor e à exposição ao tempo. É frágil e é atacado por solventes orgânicos. Tem uma leve tendência de encolher com o tempo e sob luz forte desbota. Quando o poliestireno está em contacto com alguns solventes, ou os seus gases, escurece. O Estireno é resistente aos ácidos e bases, excepto aos ácidos oxidantes fortes. Não é afectado por álcoois, ésteres, cetonas, hidrocarbonetos aromáticos e clorados.

Anexo 10. Lista dos reagentes indicados nos programas nacionais para a realização dos trabalhos práticos

- 1,1,1- tricloroetano
- 1,6-hexano-diamina
- Acetato de amónio
- Acetato de anilina
- Acetato de cálcio
- Acetato de chumbo
- Acetato de cobre mono-hidratado
- Acetato de etilo
- Acetato de prata
- Acetato de sódio anidro ou trihidratado
- Acetato de sódio sólido
- Acetato de uranilo diidratado
- Acetato de zinco diidratado
- Acetona
- Ácido acético concentrado
- Ácido acético glacial
- Ácido ascórbico
- Ácido benzóico
- Ácido butanóico
- Ácido clorídrico concentrado
- Ácido fenol-dissulfónico (fenol branco, ácido sulfúrico concentrado e ácido sulfúrico fumante)
- Ácido láctico
- Ácido nítrico concentrado
- Ácido pícrico concentrado
- Ácido salicílico

- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido sulfúrico fumante
- Adubos
- Água bidestilada
- Água de bromo
- Água de cal
- Água de cloro
- Água de Javel
- Água iodada
- Água oxigenada a 5 volumes e 10 volumes
- Água tamponada (pH=6,8)
- Alaranjado de metilo
- Álcool amílico
- Álcool clorídrico
- Álcool etílico a 70%
- Álcool etílico saturado com acetato de sódio, zinco e uranilo
- Álcool isopropílico
- Álcool isopropílico 99% (v/v)
- Álcool n-butílico
- Alumina
- Amido em pó
- Amido solúvel
- Amónia a 25% (m/m)
- Amoníaco concentrado
- Anidrido acético
- Anilina
- Aspirina
- Azeite
- Azida de sódio
- Azoto

- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido sulfúrico fumante
- Adubos
- Água bidestilada
- Água de bromo
- Água de cal
- Água de cloro
- Água de Javel
- Água iodada
- Água oxigenada a 5 volumes e 10 volumes
- Água tamponada (pH=6,8)
- Alaranjado de metilo
- Álcool amílico
- Álcool clorídrico
- Álcool etílico a 70%
- Álcool etílico saturado com acetato de sódio, zinco e uranilo
- Álcool isopropílico
- Álcool isopropílico 99% (v/v)
- Álcool n-butílico
- Alumina
- Amido em pó
- Amido solúvel
- Amónia a 25% (m/m)
- Amoníaco concentrado
- Anidrido acético
- Anilina
- Aspirina
- Azeite
- Azida de sódio
- Azoto

- Azul de bromofenol
- Azul de bromotimol
- Azul de metileno
- Bário sólido
- Benzeno
- Benzofenona
- Bórax
- Brometo de potássio
- Brometo de sódio
- Bromo
- Butan-1-ol
- Cal clorada
- Calcário
- Cálcio sólido
- Carbonato de bário
- Carbonato de cálcio
- Carbonato de sódio
- Carmim acético
- Catálase
- Citrato de sódio
- Cloreto de adípilo
- Cloreto de alumínio
- Cloreto de amónio
- Cloreto de bário
- Cloreto de cálcio
- Cloreto de cobalto hidratado
- Cloreto de cobalto sólido
- Cloreto de cobre (I)
- Cloreto de cobre (II)
- Cloreto de estanho (IV)

- Cloreto de estrôncio
- Cloreto de ferro (III)
- Cloreto de hexa-aquocobalto (II)
- Cloreto de hidrogénio gasoso
- Cloreto de hidroxilamina
- Cloreto de hidróxilamónio
- Cloreto de lítio sólido
- Cloreto de magnésio
- Cloreto de potássio sólido
- Cloreto de sódio sólido
- Cloreto de tionilo
- Cloreto decanodioílo ou cloreto de hexonodioílo
- Cloro
- Clorofórmio
- Cobre
- Cobre em pó
- Corante de Wright
- Cozimento de amido
- Cromato de potássio
- Cromato de potássio
- Cromato de sódio
- Desoxilato de sódio
- Dicromato de potássio
- Difenilamina
- Difenilaminossulfonato de bário
- Dióxido de manganésio em pó e granular
- EDTA
- Enxofre
- Etanol
- Etanol a 96%

- Etanol absoluto
- Éter etílico
- Etilenoglicol
- Fenilhidrazina
- Fenol
- Fenolftaleína
- Ferro
- Ferrocianeto de potássio
- Fita de magnésio
- Floroglucinol
- Fontes de sulfureto de hidrogénio e dióxido de enxofre
- Formol a 37%
- Frutose
- Ftalato de dibutilo
- Fucsina básica
- Furfural
- Galactose
- Glicerina
- Glicose
- Grafite coloidal
- Hexacianoferrato de potássio
- Hexan-1-ol
- Hexano
- Hidróxido de bário
- Hidróxido de potássio
- Hidróxido de sódio
- Índigo carmim
- Indofenol
- Iodeto de mercúrio (II)
- Iodeto de potássio

- Iodeto de sódio
- Iodo em palhetas
- Lã de vidro
- Lâmina de alumínio
- Lâmina de cobre
- Lâmina de zinco
- Líquido de Ringer
- Lítio
- Lixívia comercial
- Lugol
- Magnésio
- Maltose
- Mercurocromo diluído
- Metacrilato de metilo
- Metanol
- Metanol a 99% (v/v)
- Murexida
- Naftaleno
- Negro de ericrómio T
- Nitrato (ou sulfato) de cobre (II)
- Nitrato de alumínio
- Nitrato de chumbo
- Nitrato de ferro (III)
- Nitrato de magnésio
- Nitrato de potássio
- Nitrato de prata
- Nitrato de zinco
- Ortofenantrolina 1:10 mono-hidratada
- Oxalato de amónio
- Oxalato de sódio puro

- Óxido de cálcio
- Óxido de cobre (II)
- Óxido de sódio
- Papel azul de tornesol
- Parafina
- Pentanol
- Permanganato de potássio
- Peróxido de benzoílo
- Peróxido de hidrogénio a 20 volumes
- Peróxido de hidrogénio a 30%
- Potássio sólido
- Propan-1-ol
- Propan-2-ol
- Propanona
- Reagente de Barfoed (acetato de cobre em pó, ácido acético a 38%,)
- Reagente de Carnoy
- Reagente de Fehling (sulfato de cobre, tartarato de sódio-potássio, hidróxido de sódio)
- Reagente de Nessler
- Reagente de orcinol (ácido clorídrico concentrado, solução aquosa de orcinol a 6%)
- Reagente de Seliwanoff
- Reagente de Tollens (nitrato de sódio, hidróxido de sódio, amónia concentrada)
- Reagente para “análise de toque”
- Resorcinol
- Sacarose
- Sais de argila
- Sais de hidróxido de ferro (III)
- Sais de ouro
- Sal de acetato de sódio, zinco e uranilo (cloreto de sódio, solução de acetato duplo de zinco e uranilo)
- Sal dissódico do ácido etileno-diamina-tetraacético

- Sal gema
- Sílica
- Silicato de sódio
- Sódio sólido
- Solução de carmim-verde-iodo (água destilada, alúmen de potássio, carmim, água glicerizada, verde-iodo)
- Solução de indicador universal
- Solução de Knop (água destilada, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato de potássio, fosfato de magnésio, fosfato de ferro)
- Solução de pancreatina comercial a 5%
- Solução tampão (cloreto de amónio, amónio a 22% de amoníaco, água bidestilada)
- Soluções tampões para a calibração do medidor de pH e de sensores
- Soro fisiológico
- Sudão (III)
- Sulfato de alumínio e potássio dodeca-hidratado
- Sulfato de alumínio hidratado
- Sulfato de amónio
- Sulfato de amónio e cobre (II) hexaidratado
- Sulfato de amónio e ferro (II)
- Sulfato de bário
- Sulfato de cálcio
- Sulfato de cobre (II) pentaidratado
- Sulfato de cobre anidro
- Sulfato de ferro (II)
- Sulfato de magnésio
- Sulfato de manganês (II)
- Sulfato de níquel
- Sulfato de prata
- Sulfato de quinino
- Sulfato de sódio

- Sal gema
- Sílica
- Silicato de sódio
- Sódio sólido
- Solução de carmim-verde-iodo (água destilada, alúmen de potássio, carmim, água glicerizada, verde-iodo)
- Solução de indicador universal
- Solução de Knop (água destilada, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato de potássio, fosfato de magnésio, fosfato de ferro)
- Solução de pancreatina comercial a 5%
- Solução tampão (cloreto de amónio, amónio a 22% de amoníaco, água bidestilada)
- Soluções tampões para a calibração do medidor de pH e de sensores
- Soro fisiológico
- Sudão (III)
- Sulfato de alumínio e potássio dodeca-hidratado
- Sulfato de alumínio hidratado
- Sulfato de amónio
- Sulfato de amónio e cobre (II) hexaidratado
- Sulfato de amónio e ferro (II)
- Sulfato de bário
- Sulfato de cálcio
- Sulfato de cobre (II) pentaidratado
- Sulfato de cobre anidro
- Sulfato de ferro (II)
- Sulfato de magnésio
- Sulfato de manganês (II)
- Sulfato de níquel
- Sulfato de prata
- Sulfato de quinino
- Sulfato de sódio

- Sulfureto de carbono
- Suspensão de hidróxido de alumínio (alúmen de potássio ou de amónio, água destilada ou *hidróxido de amónio*)
- Suspensão pepsina comercial a 0,5%
- Tartarato de sódio e potássio
- Tetracloroeto de carbono
- Tiocianato de ferro
- Tiocianato de potássio
- Tiosulfato de sódio
- Tiosulfato de sódio pentahidratado
- Tolueno
- Tornesol
- Vaselina líquida
- Vermelho Congo
- Vermelho de fenol
- Vermelho de metilo
- Violeta de ginsiana
- Xilose
- Zinco
- Zinco em pó

Anexo 11.

Tabela 1 - Resultados dos ensaios preliminares.

Amostra	Ensaio da chama e inflamabilidade	Solubilidade e reatividade em água	Solubilidade em outros solventes	Caráter redox	pH
1L	Inflamável	Miscível (reação exotérmica)	---	oxidante	1
2L	Formação de fumaça branca	Miscível (reação exotérmica)	---	indiferente	2
3L	Formação de fumaça branca	Miscível (reação exotérmica)	---	indiferente	1
4L	Formação de fumaça escura e fuligem	Miscível (à quente)	---	---	2
5L	Formação de fumaça branca	Miscível (reação exotérmica)	---	oxidante	2
6L	Nada ocorreu	Miscível	---	Duplo caráter	3
7L	Chama vermelha	Miscível (reação exotérmica)	---	indiferente	1
8L	Chama vermelha a substância se cristalizou	Miscível	---	reductor	7
9L	Substância tornou-se escura	Miscível (reação exotérmica)	---	oxidante	2
10L	Chama vermelha	Miscível	---	Duplo caráter	11
11L	Formação de fumaça branca	Miscível (reação exotérmica)	---	indiferente	2
12L	Formação de fumaça branca	Miscível	---	oxidante	2
13L	Formação de fumaça branca e forte cheiro de óleo queimado	imiscível	Miscível com $C_4H_{10}O$	---	---
14L	Formação de fumaça branca e forte cheiro de óleo queimado	Imiscível	Miscível com $C_4H_{10}O$	---	---
15L	Formação de fumaça escura e cheiro forte de óleo queimado	Imiscível	Miscível com $(CH_3)_2CO$	---	---
16L	Nada ocorreu	Miscível	---	indiferente	7
17L	Nada ocorreu	Imiscível	Miscível com $C_4H_{10}O$	---	---
1S	Dissolveu-se formando cristais	Solúvel (solução incolor)	---	indiferente	2
2S	Escureceu formação de fumaça branca	Insolúvel	Solúvel em HCl diluído	indiferente	---
3S	Nada ocorreu	Insolúvel	Solúvel em HCl diluído (à quente)	indiferente	---
4S	Nada ocorreu	Insolúvel	Solúvel em HF (solução turva)	indiferente	---

Anexo 12.

Tabela 1. Experimentos realizados na disciplina Química Inorgânica II do curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AULA	EXPERIMENTO	RESÍDUOS GERADOS		
		PROCESSADOS EM AULA	A SEREM TRATADOS	TRATAMENTO DESCRITO NA SEÇÃO
Ciclo de reações do Cobre	$3\text{Cu} + 2\text{HNO}_3 + 6\text{H}^+ \rightarrow 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} (\text{excesso}) \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2$ $\text{Zn} (\text{excesso}) + \text{HCl} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2$	A solução de NaOH (líquido sobrenadante) é neutralizada com HCl diluído e descartada na pia.	Solução de Zn^{2+} e Cu^{2+}	Solução de Zn^{2+} e Cu^{2+}
Precipitação e Cristalização	*Obtenção do $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ a partir de: $\text{CuSO}_4 + 4\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ *Obtenção de $(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2$ a partir de: $\text{NiSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2$ *Obtenção do alúmen $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ a partir de: $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KAl}(\text{SO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	O $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ é utilizado na aula de Estudo do Silício O filtrado (solução aquosa com K^+) é neutralizado e descartado na pia Os insumos são armazenados e enviados ao almoxarifado setorial para uso posterior.	Solução de Cu^{2+} Solução de Ni^{2+}	Solução de Cu^{2+} Solução de Ni^{2+}
Reatividade de Metais	*Reações dos metais Cu, Fe, Al, Zn, e Mg com soluções de H^+ , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Hg^{2+} , Ag^+ e Cu^{2+} . *Reatividade do alumínio em relação a ácidos e bases. *Reatividade do alumínio com o ar: $2\text{Al} + 3/2\text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$ *Reações de metais com oxigênio: $\text{Mg} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{MgO}$ $2\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2$ $2\text{Fe} + 3/2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$	Os metais são separados das soluções por filtração. É possível recuperar Al e Zn que, após lavagem com HCl diluído, são reutilizados As placas de alumínio são lavadas e reutilizadas no semestre subsequente. As placas de alumínio são lavadas e reutilizadas no semestre subsequente. O sódio metálico remanescente é destruído com etanol, e a solução resultante é neutralizada com HCl diluído e descartada na pia	Solução de Hg^{2+} Solução de Ag^+ , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} e Ni^{2+} Solução de Al^{3+}	a) Mistura de Cátions Solução de Al^{3+}
Estudo dos Halogênios	*Produção de $\text{Cl}_2(\text{g})$ a partir de: $4\text{HCl} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaClO} + \text{H}_2$ *Solubilidade do iodo em água: $\text{I}_2 + \text{KI} \rightarrow \text{KI}_3$ *Reatividade dos halogênios. *Obtenção de HCl gasoso.	A solução de NaClO é neutralizada e descartada na pia ou utilizada como oxidante da solução de sulfetos. A água clorada produzida no experimento é utilizada para verificar a reatividade do cloro frente aos outros halogenetos. A solução ácida de NaCl é neutralizada e descartada na pia.	$\text{MnO}_2 + \text{HCl}_{\text{conc}} + \text{Mn}^{2+}$ Solução de KI_3 (I_2 , I^- e K^+) Halogênios e halogenetos	Dióxido de manganês e ácido clorídrico concentrado Iodo
Estudo do Hidrogênio	*Água de constituição e de cristalização *Desidratação dos seguintes sais: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ *Água dura e suas propriedades: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{NaCl}$ $2\text{NaRCOO} + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{RCOO})_2 + 2\text{NaHCO}_3$ A presença de Ca^{2+} é verificada pela adição de sabão.	Soluções com $(\text{RCOO})^-$, Ca^{2+} , CO_3^{2-} e Cl^- neutras são descartadas na pia.	CuSO_4 , NiSO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_3$ e $\text{Fe}(\text{OH})_3$	a)

Tabela 1. cont.

AULA	EXPERIMENTO	RESÍDUOS GERADOS		
		PROCESSADOS EM AULA	A SEREM TRATADOS	TRATAMENTO DESCRITO NA SEÇÃO
Estudo do Oxigênio	<p>*Decomposição do peróxido de hidrogênio:</p> $\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} \text{H}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2$ <p>*Decomposição de cloratos:</p> $\text{KClO}_3 \xrightarrow{\text{SiO}_2} \text{KCl} + 3/2 \text{O}_2$	A sílica misturada com KCl é descartada no lixo.	$\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2$	Dióxido de manganês e traços de peróxido de hidrogênio
Estudo do Enxofre	<p>*Obtenção de enxofre em laboratório via decomposição de tiosulfatos:</p> $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{S}$ <p>*Solubilidade do enxofre em água e acetona.</p> <p>*Reação de O_2 com sulfetos metálicos:</p> $\text{Sb}_2\text{S}_3 + 9/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{Sb}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_2$ $2\text{FeS} + 7/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{SO}_2$ $\text{MoS}_2 + 3\text{O}_2 \rightarrow \text{MoO}_3 + 2\text{SO}_2$ $\text{K}_2\text{S} + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{O} + \text{SO}_2$ $\text{Bi}_2\text{S}_3 + 9/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_2$	A solução é filtrada e o enxofre sólido é guardado para ser reutilizado no próximo semestre. A acetona é evaporada, o enxofre é separado da água por filtração a vácuo.	$\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2$	Enxofre
Estudo do Nitrogênio	<p>*Decomposição térmica do $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$:</p> $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ <p>*Obtenção e propriedades dos trióxidos de nitrogênio:</p> $3\text{I}_2 + 2\text{NH}_4\text{OH} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{NI}_3 \cdot \text{NH}_3 + 3\text{I}^- + 5\text{H}_2\text{O}$	O P_2O_5 é dissolvido em água, formando H_3PO_4 que é neutralizado e descartado na pia, uma vez que a quantidade formada em aula é insignificante.	Cr_2O_3	a)
			Solução contendo $\text{NH}_3 + \text{I}_2 + \text{NI}_3$	a)
Estudo do Fósforo	<p>*Reação de combustão do fósforo branco.</p> $2\text{P}_{(\text{branco})} + 5/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$	O P_2O_5 é dissolvido em água, formando H_3PO_4 que é neutralizado e descartado na pia, uma vez que a quantidade formada em aula é insignificante.		
Estudo do Carbono	<p>*Obtenção e reações do CO_2.</p> <p>*Solubilidade de carbonatos dos grupos 1 e 2</p>	As soluções contendo $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e NaOH são neutralizadas e descartadas na pia.	Solução de Ba^{2+}	Solução de Ba^{2+}
			Solução de Ba^{2+} Solução de Sr^{2+}	Solução de Ba^{2+} Solução de Sr^{2+}
Estudo do Silício	<p>*Propriedades adsorventes da sílica-gel, usando $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4(\text{aq})$ como adsorbato.</p> <p>*Preparação de gel de ácido silícico:</p> $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 + 2\text{NaCl}$ <p>*Preparação de sílica gel para dessecador:</p> $\text{Co}^{2+} + 4\text{Cl}^- \rightarrow [\text{CoCl}_4]^{2-}$ $2[\text{CoCl}_4]^{2-} + \text{SiO}_3^{2-} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{Co}^{2+} (\text{adsorvido})$	A solução é filtrada para separar a sílica da solução de cobre.	Solução de Cu^{2+}	Solução de Cu^{2+}

a) estes resíduos foram encaminhados ao CGRQ do Instituto de Química da UFRGS.